

أسطورة المادة

صورة المادة في الفيزياء الحديثة

نألف: بول ديفيو

و جون جريبين

ترجمة: ص. علي يوسف علي

الهيئة المصرية العامة للكتاب



أسطورة المادة

صورة المادة في الفيزياء الحديثة

تأليف

بول ديفيز
جون جرسين

ترجمة

م. علي يوسف علي



دار النشر

١٩٩٨

الألف كتاب الثاني

نفاذة على الثقافة العالمية

الإهداء العام

الدكتور / منير هرحان

ديكتة جلال الإداة

ديكتة القدر

أحمد صليحة

هنا القدر

هزن عبد العزيز

هنا القدر

هنا أبو هادي

المطبعة الفل العام

محسنة صليحة

هذه هي الترجمة العربية الكاملة للكتاب :

THE MATTERS MYTH

by

Paul Davies

John Gribben

فهرس

الموضوع	الصفحة
مقدمة الطبعة العربية	٧
مقدمة	١١
الفصل الأول	
موت المادة	١٥
الفصل الثاني	
الهيرانية وتحرر المادة	٢٢
الفصل الثالث	
الصاخر المجيب	٥٩
الفصل الرابع	
الكون على رحابته	٩٩
الفصل الخامس	
الثانية الأولى	١٢٢
الفصل السادس	
والأخيرة	١٥٠
الفصل السابع	
عاجيب الكم	١٦٧
الفصل الثامن	
الشبكة الكونية	١٩٢
الفصل التاسع	
ما وراء المستقبل اللامتامى	٢١٢
الفصل العاشر	
الكون المى	٢٣٠
كتابات	٢٥١

مقدمة الطبعة العربية

الحمد لله والصلاة والسلام على رسول الله .

يهدف كتابنا الذي نقدمه للقاري الكريم الى توضيح ما آل اليه العلم في ثوبه الحديث ، وكما يراه علماء القرن العشرين ، في مقابل ما تعارف عليه الناس طويلا فبقيا يتعلق بعلوم العلم ومنهجه ، كما أفرغى له كوبرنيكس ، وأرسنه جاليليو ، وصاغه نيوتن ، وسار على دربهم العلماء من العلماء ، في شتى الفروع ، تمارفوا جميعا على الاستعداد بالمتطق البدعي كما يتصوره العقل البشري ، كاداة لاستكشاف الحقيقة .

وللبشر عادة معروفة على مر الدهور ، هم تصميم ما بالقول تحت شعار المتطق البدعي ، ورفض الأفكار المخالفة بدعوى : ما سمعنا بهذا في اللغة الأخرى ، ان هذا الا اختلاق ، . يساوى في هذا الاتهام أن تكون الفكرة رأيا اصلاحيا تجديديا ، أو إحدى القبيات التي وردت في كتاب الله الكريم ، أو نظرية علمية ثبت فيما بعد احترامها كالنظرية الكمية أو النظرية النسبية .

لقد تقدم ماكس بلانك بنظريته الكمية للنجمية العلمية ببرلين في السابع عشر من ديسمبر عام ١٩٠٠ ، وقوبلت بالاستهجان والاعراض ، فانطوت في غياهب النسيان لخمس سنوات تالية ، ولم يشفع لها أنها أتجزت ما عجز عنه العلم بمنطقه البدعي آنذاك في موضوع الاشعاع الحراري ، ولولا جسارة موقف مشور في مكتب توثيق البراعات ببرن ، لظلت ضحية هذا الإنكار لزمن يملأه الله . لقد تبني أينشتين هذه الفكرة المنطوب عليها ، ليجملها أساسا لتفسيره للظاهرة الكهروضوئية . ونقط

في عام ١٩١٩ . منح ماكس بلانك جائزة نوبل اعترافا بفضلته في وضع نظرية أصبحت أحد أساسين راسخين للعلم في القرن العشرين .

هذا من الاعتراف بالنظرية الكمية ، فماذا عن الأساس الثاني ، النظرية النسبية ؟ الاجابة ، لم تحظ بذلك الاعتراف من قبل مانحي الجائزة المذكورة . فما يدعو للتأمل ، ان آينشتين حين منح جائزة نوبل عام ١٩٢١ ، كان بسبب تطبيقه للنظرية الكمية ، وليس عن وضعه للنظرية النسبية بشقيها الخاصة والعامة . رغم ما نطق لهما من نجاح من العالم آنذاك ، وهو انكار يحسب على مانحي الجائزة على مر التاريخ ، وليس على آينشتين وعماله الخالدة بكل تأكيد .

بهذا القول لعطف الى التخفيف عن القاري الكريم وقع ما سيعرضه الكتاب من افكار غريبة عن منطقنا المؤلف - والى هذا عطف المؤلفان ايها في الفصل الرابع ، والذي وضع لكي يساعد القاري على تقبل انكار النظرية النسبية الغريبة . وهنا يقول المؤلفان نفس ما يقوله رجال الدين للكرى الغيبيات ، ألا يتعجل المرء ونفس فكرة لمجرد عدم تقبل عقله لها ، وهي نصيحة لا أحسب من تعود التواضع أمام علم الله وقدرته بحاجة اليها . فاذا كان الكتاب في ذلك الملحق يستحث القاري على أن يستخدم مخيلته كما يفعل في قراءة القصص الخيالية ليتقبل هذه الإنكار ، كخط رجعة ضد انكار انكار النسبية فيما جاءت به ، فان غط الرجعة عندي هو « لو كان البحر مهادا لكلمات دوى تنفذ البحر قبل أن تنفذ كلمات دوى ، ولو جشنا بمتله مهادا » صديق الله العظيم .

ان تصديقي لما جاء في كتاب الله من تغير الزمن بين نظام ونظام : بين « من فيكون » و « خالدين فيها أبدا » . و « ان يوما عند ربك كالف سنة مما تعدون » . و « في يوم كان مقداره خمسين ألف سنة » . ولاسراء الرسول الكريم ومعرجه في ليلة واحدة ، لن يجعل نصيا على أن اتقبل ما جاءت به النسبية من أن يوما في إطار مرجعي معين قد يساوي عدة قرون في إطار مرجعي آخر .

وينطبق نفس القول على ما جاءت به النظرية الكمية من أفكار تشبيه في خطها بعضاً من تحبيبات الكتاب الكريم . من ذلك مثلاً : « تعدد الأكرام ، أو وجود كائنات » شبيهة « لا تدركها حواسنا أو « أنا أتيتك به قبل أن يوتد إليك طرفك » ، في مقابل ما جاء من إمكانية التنقل عبر الفضاء الكوني في لمح البصر (راجع الفصل « عجائب الكم ») .

ولست أقول بذلك إن القرآن قد تنبأ بالنظرية النسبية أو الكمية ، كما يحلو لبعض السذج أن يفعل في مواطن كثيرة ، فمستان بين علم الله وعلم البشر ، ولغيبيات الله سبحانه موكلون إليه تأويلها ، ولكن ما أقوله هو أن التواضع في نظرية الإنسان لامكانات عقله في تمييز الخطأ من الصواب مطلوب ، بل ومفترض أساسي ، لتقبل الأفكار ، سواء أكانت اجتماعية أم دينية أم علمية .

والربط بين الفهم العلمي وبين أفكار معنوية ليست بقسا من لدني ، قال هذا يهلف الكتاب الذي بين أيدينا صراحة ، ويهلف كتاب على شاكلة « Beyond Science » لبرونفيسور John Polkinghorne بصراحة أكثر . ولعل هذا المتكلم منه يوضح الفكرة : « إن الفيزياء قد علمتنا أن أنجع النظريات هي التي يعبر عنها بأجمل المعادلات » . أرايت كيف أن الجمال قد أصبح معياراً لتحخيص صحة النظريات العلمية ؟ هل كان متصوراً في العلم بمفهومه الكلاسيكي أن يكون لثل هذه المعنويات دور في البحث العلمي المجرد ؟ .. ولكنه العلم في ثوبه الجديد .

وإذا كان اللجوء لمعنى الجمال في تحخيص النظريات العلمية أمراً مستغرباً ، فما بالك أن يكون أساساً لوضع نظرية من النظريات أصلاً ، وأية نظرية ، النسبية العامة التي قد لا يقال في القول بأن وضعها كان من أعظم الانجازات العلمية على مر التاريخ الإنساني ؟ وفي هذا المعنى يقول الكتاب المذكور : « لقد تعلمنا درساً بليغاً من بحث بول ديراك المحبوب عن المعادلات الجذيلة ، ومن قبله ألبرت آينشتين في نظريته النسبية العامة » . ولو أتيج للقاري الكريم الإطلاع على قصة حياة آينشتين كما كتبها مساعده ريتشارد فويمان (تحت الطبع في الهيئة

المصرية العامة للكتاب) ، لوجد كيف ركز المؤلف على أن وضع هذه النظرية كان صعباً ، وليس على أي شيء آخر ، على احساس أينشتاين بوحدة الله وجمال خلقه ، مما دعاني إلى أن أصف هذه النظرية في مقدمتي للكتاب المذكور بأنها « صورة فريدة من صور التسميع بوحدة الله » .

لقد نزع العلم من نفسه نوباً اقرب لـ « فهم الأقسام » ، ليستبدل به نوباً فضفاضاً يتسع لثمان مستقلة من روايات أخرى للمعرفة الانسانية . معان تتسع للخير والجمال ، وسيحان القائل : « مسترهم آياتنا في الآفاق وفي أنفسهم حتى يتبين لهم أنه الحق » .. صدق الله العظيم .

مقدمة

ان اشفاء صفة الثورية على العلم أصبح من التسميات الدارجة ، ومع ذلك ، فحتى أولئك الذين ليست لهم الا علاقة سطحية بالعلوم يحسون بأن هناك شيئا ثوريا حقيقيا يحدث في عصره . ولستنا نشعر بذلك الى ما يظهر من اختراعات بين الحين والآخر ، ولا الى ما نشهده من تقدم في مجالات التقنية مما كان مذهلا ، رغم كون هذه وتلك تحل صفة الثورية بكل معانيها . ذلك أن تحولا أصق يجري في أساس العلم ذاته ، في النظرة التي يرى بها العلماء العالم .

وقد ذهب الفيلسوف « توماس كون Thomas Kohn » الى أن العلماء يبنون تصوراتهم من الحقيقة بناء على « نمط قياسي Paradigm » فكري . مثل هذا النمط ليس نظرية في حد ذاته ، ولكنه إطار للفكر ، أو ان شئت القول ، منهج لاستنباط المفاهيم ، يتشكل حوله تفسير مشاهدات وبيانات التجارب العلمية . هذا النمط القياسي يمتريه التغير بين الحين والآخر ، وحتى يحدث ذلك ، لا تتغير النظريات فحسب ، ولكنها المفاهيم العلمية تتغير كذلك . وعن ثم تتبدل نظرة العلماء للعالم ، وهو ما نشهده الآن .

وما يشبه حاليا من قول بأتنا وسط تحول في نمط التفكير العلمي لا يمثل سوى جزء من الحقيقة . فقد أدرك الكثيرون أن مفاهيم غربية متعمدة لادراكنا البشري طفت على السطح في السنوات الأخيرة ، فما القلوب السوداء ، والقلوب الذهبية ، وخطوط الكم الفسجية ، والهوية chaois . ، والحواسيب الذكية ، كسرر للقليل من كثير . سوى قمة لجبل

الجليد ، ذلك أنه كلما اقتربنا من نهاية القرن العشرين ، زاد تحرر العلم من أغلال فكرية كبته لقرون ثلاثة ، يطلق عليها « الميكانيكية » ، تعنى وبساطة شديدة تصوير الكون كآلة حائلة ، منضبطة في كل أجزائها . تصور بلا انقطاع أو حدف ، ويستكن أن تعود بأسس هذا النمط الفكري للقضاء الاغريق ، الا أن جذوره الحديثة ترجع لاسحق نيوتن الذي صاغ قوانين الميكانيكا الشهيرة ، والتي يقتضياها فتح الباب أمام الادعاء بأن كافة النظم الفيزيائية يمكن النظر اليها كجزء من النظام الميكانيكي . وهذا الزعم هو ما دخلنا به القرن العشرين .

الا أن الحركة تجاه « ما بعد المادية » كنسب فكري مناسب للقرن التالي يتم على نطاق واسع : في علم الكونيات ، وكيمياء الأنظمة ذاتية التنظيم ، والنظم الهيولية ، وميكانيكا الكم ، وفيزياء الجسيمات ، ونظم المعلومات ، و (هل شيء من التردد) المنطقة المشتركة بين البيولوجيا والفيزياء . في كل تلك الفروع من العلم وجد العلماء أنه من المجدي ، بل ومن الضروري ، أن ينظر للجزء من الكون الذي قيد أبحاثهم نظرة جديدة تماما ، لا تحمل سوى النزر اليسير من التصور الميكانيكي للكون ذي الصلة المادية الصرفة .

ولقد وصف الفيزيائي جوزيف فورد Joseph Ford المنطق الميكانيكي الماضي بأنه أحد « الأساطير القاعدية » للعلم الكلاسيكي . والأسطورة بالطبع ليست تمثيلا حرفيا للحقيقة . فهل لنا أن نتصور على ذلك أن ما حدث من تقدم علمي على مدى القرون الثلاثة الماضية كان على أساس فهم خاطئ للحقيقة الطبيعية ؟ كلا ، لهذا سوء فهم لدور الأطر الفكرية . فالأطوار الفكرية لا هو بالصحيح ولا بالخطئ . أنه ليس الاتكاسا للتصور ، تصوير للحقيقة له وجهاته طبقا للظروف ، بالضبط كما الأسطورة ، تعمل بعضا من التصورات الزعرية التي لها فائدتها في ظروف ما . ولقد لعب المنطق الميكانيكي دورا بلغ من النجاح درجة ولدت لدينا ميلا لطريا لاعتقالات صفة الحقيقة القاطعة ، وليس تصورا مبنيا لها . ولقد تعرف العلماء مدى مضوذية هذا النمط الفكري ، واذكروا أنه يوجد الكثير خلاف القروس والمبيلات كمكونات لهذا العالم .

وفي هذا المؤلف تستكشف هذه التغيرات المثيرة والمتحدية ، ومدى ملاستها لنا ، وليس فقط للملهاة .

وفي سردنا للقصة ، علينا أن نسبر أغوارا عميقة في العلم ، ولكننا آتينا على أنفسنا أن نجعل الحديث في أبسط صورة ممكنة له ، ومن هنا على وجه الخصوص عن الرياضيات كلية ، حتى ولو كانت بعض المفاهيم الفيزيائية لا تجد معنى حقيقيا لها إلا في نطاق التعبير عنها رياضيا .
لهذا هو إعطاء لمحة عن الصورة التي تبرغ شيئا فشيئا عن الكون ، وهي صورة لا تزال تطبنا بمراوغتها ، إلا أنها تشدنا لما نحقق بالفعل من تقدم ، وليس لدينا من شك في أن الثورة التي قدر لنا أن نكون عليها شهودا محظوظين ، سوف تغير جذريا نظرة البشر للكون .

Paul Davies بول ديليز

John Gribbin جون جريبن

فبراير ١٩٩١

الفصل الأول

موت المادة

نعلم من مشاهداتنا اليومية أن الأشياء تقبل التغيير . بينما أشياء أخرى ليست كذلك . كلنا نلتهم في الصبر ، وقد نزداد حكمة ، ولكن « الفلسفة » التي اعترافا مثل هذه التغيرات هي نفسها لم تتغير . ونشهد كل يوم الجديد من الحوادث ، ولكن الشمس والنجوم على طبيعتها الثابتة . فإلى أي مدى تكون مثل هذه الأمور مجرد تصورات منا ، محدودة بمواهبنا البشرية ؟

وقد أثار علماء الإغريق جدلا واسعا حول طبيعة التغيير . لقد ذهب « هيرقليطس » *Heraclitus* إلى أن كل شيء معرض للتغيير بصورة أو بآخرى . بينما اتجه « بارمنيدس » *Parmenides* إلى الرأي بأن الأشياء هي ما هي عليه ، وليس لها أن تكون خلاف ذلك . وبالتالي لا يكون التغيير ملائما للوجود ، فالحقيقة لا تكون كذلك إلا في ثوب من التناقضات .

وفي القرن الخامس قبل الميلاد مرض « ديموقريطس » *Democritus* مخرجاً من هذه المشكلة . فقد افترض أن كل المواد مخلوقة من وحدات غاية في الصعالة لا تقبل التجزئة ، أسماها « ذرات » *atoms* . وهذه الذرات هي التي لا تقبل التغيير ، فهي ذات مواصفات محددة كالشكل والحجم . إلا أنها قد تتجول في الفراغ وتتحد سوياً بطرائق مختلفة ، مما يجعل الأجسام المرئية تبدو في صور متباينة . وبذلك يمكن الجمع بين التصورين .

دوام التغير ودوام الثبات ، على أساس أن كل تغير في العالم المرئي مبنى على إعادة للترتيب للمكونات الثابتة . وعند ذلك الحين بدأ اعتناق مذهب المادةية *materialism* .

وكان على هذا المذهب أن يكافح ضد غيره من الأفكار لعدة قرون تلت ، كان تكون المواد حاوية على خواص سحرية أو خرافية ، أو أنها تتمتع بقوة حيوية أو غامضة . هذه الصور الخيالية اندحرت مع تقدم العلم في صوره الحديثة ، وتمثل خطوة حاسمة في هذا المسار في كتاب « المبادئ أو البرنسبيا *Principia* » لاسحاق نيوتن ، وهو الكتاب الذي سوى قوانين نيوتن الشهيرة للحركة . وكما ذهب ديموقريطس من قبله ، عامل نيوتن المادة كشيء خامد غير فعال . لفكرة « القصور *inertia* » تلعب دورا أساسيا في نظريته عن العالم . فالجسمات مادة في حالة من السكون ، فهي تستظل كذلك للأبد ، ما لم تؤثر عليها قوة من خارجها . وبالمثل ، لو كانت في حالة من الحركة ، تستظل في نفس الاتجاه ونفس السرعة ما لم تتعرض لقوة خارجية ، وبمعنى آخر ، المادة في حالة من السلبية المطلقة .

وتعبر كلمات نيوتن نفسه عن كل ذلك . فالمادة تتكون من « جسيمات ممكنة (ذات كتلة) صلبة لا تقبل الاختراق ، قابلة للحركة » . وليس من فرق لديه بين الجسيمات المكونة للمادة وما تكونه من مواد مرئية سوى قابلية الاختراق .

عصر الآلات :

تمثلت نظرة نيوتن للمادة كشيء خامد يتشكل بالقوى الخارجية في الفكر الغربي . وقبلت كمنها أصول في عصر الثورة الصناعية الذي تمخض عن قرون وقرة هائلتين . ففي القرنين الثامن عشر والتاسع عشر طرعت أوروبا وشكرت قوى الطبيعة لأغراضها الإنتاجية . قمح البخار والصلب ظهرت القاطرات والبواخر العملاقة ، وغمرها ما غير وجه البسيطة حزيا وليس مبالغة أن نعتبر بذلك تولدت التحية للنسك ، في صورة أو أخرى .

وقيست الثروة بكميات الأراضي أو الماشان النخس أو الذهب أو أية سلعة أخرى .

وكانت الثورة الصناعية عصر الثقة المفرطة ، أوج انتصار المادية . لم تكن ثقة المهندسين مبنية على مجرد النجاح بناء على التجربة والنظرة ، بل على كم من المعرفة والفهم للمبادئ التي تأسس عليها عصر الآلات . مبادئ وضعها نيوتن منذ قرنين من الزمان ، وفازت تبلورا على أيدي المدينة من ثلوه .

وفي عصر كتابة « البرنسبيا » كانت أغلب الآلات المصنعة هي الساعات ، لمست نظركه للمعالم كساعة مضبطة وترا حساسا . فالساعة تمثل النظام ، والتناسق ، والدقة الرياضية ، الأفكار توافقت جيدا مع الفكر الديني السائد ، وولت أيام النظر للكون ككائن حي مزود بقوى سحرية . لقد أوجت آلات نيوتن رباطا وثيقا بين السبب والنتيجة ، إذ يتطلب الحساب الميكانيكي أن تتحرك المادة بناء على قوانين رياضية قاطعة . ليس من مجال فيها لصفات غامضة ذاتية المعالية . وفي الواقع مثلت السماوات - وهي التي ارتبطت على العوام بمثل هذه القوى السحرية - حين انحطت تماما لقوانين نيوتن قمة انتصار آرائه . فربط الجاذبية بقوانينه للحركة لمكن له أن يعطي تبريرا منطقيا لحركة القمر ومسارات الكواكب والمذنبات .

وليس لنا أن نفل من أثر هذا التصور على تشكيل النظرة للعالم . فمذهب الكون المخلوق من مواد خامسة مرتبطة بألة هائلة مضبطة كالساعات تلفلت في كافة فروع المعرفة . فهي قد تسودت البيولوجيا مثلا ، انظرت للوحدات الأولية الحية كمجرد تجمعات معلقة من الذرات تخضع بصورة صماء للجذب والدفع من جيرانها . وقد أطلق « ريتشارد داونكنز » *Ritchard Dawkins* الفارس الموه للبيولوجيا المادية ، على الإنسان (وغيره من المخلوقات الحية) « الآلات الجينية » . وعلى ذلك عولمت الكائنات الحية كآلات ذاتية الحركة . بل اخترقت هذه الأفكار مجال العلوم النفسية ، فذهبت للعوسة السلوكية إلى معالجة كالة الانقطة الفردية على

نموذج النموذج الاجتماعي لنيوتن ، يلعب فيه العقل دوراً سلبيًا ، وتترتب الاستجابة السلوكية بصورة كلية على القوى والمؤثرات الخارجية .

ليس من شك أن نظرة نيوتن الآلية كان لها فضل كبير على تقدم العلم بتقديم منهج فكر يمكن من خلاله دراسة العديد من الظواهر ، ولكن ليس من شك أيضا في أنها ساهمت بقدر كبير في إبعاد البشر عن الكون الذي يقطنونه . وقد كتب « دونالد ماكاي Donald Mackay » وهو خبير في عمل الطفل كنظام للاتصالات ، عن « مرض العقلية الميكنتية » ، مينا أنه « توجد نزعة متزايدة في عصرنا الحالي عند البحث عن تفسير ما أن لتصور كل موقف على أساس المقارنة بالآلة » . ونحن نمتد هذه النزعة إلى مجالات إنسانية ، كالسياسة والاقتصاد ، فإن ذلك يؤدي إلى اللاأخلاقية واللامسؤولية ، يفرض معها الناس بانعدام الحيلة ، لكونهم مجرد تروس في الآلة الهائلة التي تتور غير عابئة بمشاعرهم أو أفعالهم . ولقد عرّف أناس من النظرة العلمية لكونها نظرة مادية وفلسفة جرداء ، تهبط بالإنسان إلى الآلية ولا تدع مجالاً للإبداع والخلق . ولعل هؤلاء بشرهم ، فقد ماتت المادية .

فيزياء جديدة كنظام اجتماعي جديد :

من الملائم أن تشبه الفيزياء - وهي العلم الذي أبدع المادية - أيضا لهايتها . وخلال هذا القرن نسفت الفيزياء الحديثة في تطورات مذهلة أسس للمذهب المادي، فأولا كانت النظرية النسبية، التي قدمت فكرة نيوتن عن الفراغ والزمن بافتراضات تصنف بالاحساس الطرقي بالعالم، لنفس الحيلة التي كانت تصور فيها الساعة الكونية الهائلة تعرضت للتحزج والالتواء . ثم من بعدها أتت النظرية الكمية ، والتي غيرت من تصوراتنا للمادة تغييراً جذرياً ، وهجر الفترض أن الجسيمات الأولية ما هي الا صورة من الأجسام المثلثة لكن بمقياس أصغر ، واستبدلت بآلة نيوتن المنضبطة خليطاً مبهما ملفزاً من الموجات والجسيمات، تلعب فيه القوانين الاحتمالية دوراً حاسماً ، كبديل لقواعد السببية القاطمة . وتذهب نظرية هي امتداد للنظرية الكمية ، وهي « النظرية الكمالية الكمية quantum field theory »

لا هو أبعد من ذلك . فترسم صورة تختفي منها الطاقة الصلبة ، وتبدل الى تهييج وتذبذب غريبين ، للطاقة المجالية *field energy* . وتبعاً لذلك النظرية ، لم يتبق الا القليل من التفرقة بين جوهر المادة والفراغ الخالي ظاهرياً والمحيط بها ، والذي هو ذاته مجال تهييج حامى الوطيس للنشاط الكلى . وتصل هذه الأفكار ذروتها فيما يسمى بنظرية « الأوتار الفائقة *superstrings* » . والتي تهدف الى توحيد الفراغ والزمن والمادة ، والى بناء كل منها من ذبذبات حلقات دون مجهرية من لوان غير مرئية . تتبع فى كون تخيل من عشرة أبعاد .

وتسط فيزياء الكم من المادية لكونها تبيّن أن المادة لها جوهر اقل بكثير مما كنا نعتقد . ولكن تطورا يذهب الى أبعد من ذلك يقدم صورة نبوتن للسادة ككتلة خامدة . هذا التطور هو « نظرية الهوليوية (*) » *theory of chaos* ، والتي نالت مؤخرأ قدراً كبيراً من الاهتمام . والهوليوية هى فى الواقع جزء من ثورة جامحة فى طريقة رؤية العلماء الآن للنظم الديناميكية . ولقد اتضح أن ما يسمى بـ « التأثيرات غير الخطية *non-linear effects* » . نجعل المادة تنصرف تصرفات غاية فى الغرابة ، كان تكون ذاتية التنظيم ، وخلالة للبياكل والنماذج بصورة تلقائية . والهوليوية من هذا المنظور هى حالة من ذلك ، تحدث فى النظم غير الخطية التى تصبح غير مستقرة وتغير كيفما اتفق بصورة غير قابلة للتنبؤ تماماً . وبذلك تنبخر الساعة الكونية المنضبطة لتفسح المجال للعالم الذى مستقبل منفتح . لتحرر المادة فيه من قيود كتلتها وتكتسب عنصراً خلافاً .

ولسوف نبحث فى الفصول القادمة كل هذه التطورات التى تأخذ بالألباب ، ونعرف على العالم الذى يشتغل عنها . وسوف نرى أن المادة قد أُنزلت من موضعها المركزى لتحل محلها مفاهيم مثل التنظيم ، التعقيد ، والمعلوماتية . ويقوم ذلك بالفعل بإعادة تشكيل أولوياتنا الاجتماعية . حله مثلاً « ثورة تكنولوجيا المعلومات » ، حيث يتوقع أن يكون المستقبل للشركات المندودة على حيكزة تصب السبق فى المعلومات والاستراتيجيات التنظيمية ، على حساب الثروة المادية التى كانت عماد الثروة الصناعية الأولى . وعلى حد تعبير الكاتب جورج جيكلر :

(*) فى بعض المراجع يشار لها بنظرية الفوضى .

• إن الأمم والمؤسسات الصناعية اليوم هي المسيطرة ليس على الأراضي والموارد المادية ، ولكن على الأفكار والتكنولوجيات ... فالشبكة العالمية للاتصالات يمكنها أن تحصل بضائع أكثر قيمة مما تحصله البواخر الصالحة - ولسوف تأتي الثروة ليس لمستغل العبيد ، ولكن لملكي الطاقة المخالفة للإنسان ، ليس لفرازة الأراضي ولكن لمحوري العقول » .

ويستطرد جيلدر : « وفي هذا التخلي عن المادية ستتفوق قدرة العقل في كل مكان على القدرة الفاشية للأشياء ، محولة عالمًا ماديًا مكونًا من أجسام صماء خاضعة إلى مجال ترى بومضات مشرقة من الطاقة المعلوماتية » .

وليس من دولة تواجه مثل هذا التحدي مثل استراليا • فعلى مدى تاريخها كان اقتصادها منحصرًا في صادرات مثل الفحم واليورانيوم والصوف ، ولأسباب تاريخية واقتصادية لم تحظ بتطور تصنيعي ، حيث أنها لم تلحق بالثورة الصناعية التي شكلت مجتمعات كالولايات المتحدة واليابان وأوروبا • وعلى ضوء ذلك مستدير ، اتخذت الحكومة قرارًا غير عادي ، أن تفلز فوق مرحلة الثورة الصناعية ، وأن تقضم سوق الأفكار والمعلومات والتعليم • وقد أعلن رئيس وزرائها أن على استراليا ألا تلتزم بكونها « الدولة المحظوظة » ، بل أن تتحول إلى « الدولة الماهرة » .

وتتمثل النتيجة الملموسة حتى الآن لهذا القرار في خطة لإنشاء طراز جديد من المدن ، يعرف باسم « مدينة الأنشطة المتعددة multifunction Polise (MFP) » مقراً أدلبد Adelaide وفي حزم سوف تنشأ معاهد للأبحاث ، وتصمم نظم للبيئة على أسس علمية • وتقدم التسهيلات الصحية والترفيهية المتطورة • وستصمم المدينة على مفهوم الشبكات • بمعنى أنها ستكون على هيئة قرى مستقلة مترابطة بشبكات اتصالات على أعلى مستوى تكنولوجي من السرعة والكفاءة • كما متربط المدينة بغيرها من مدن الدولة ، وشبكات قسيتها مع مدن العالم بما ينتهي بكسر العزلة الجغرافية لاستراليا •

ولعل أكثر العناصر خيالا في المشروع هو الاعتراف بأن التعليم والأبحاث العلمية هي مصادر للثروة عالية القيمة، يمكن تسويقها كأية سلعة أخرى، ومن خلال الشبكة العالمية يمكن أن تلقى المحاضرات لبلدان العالم الثالث، ويمكن أن تجرى العمليات الجراحية في جانب ما من العالم وتراقب من الجانب الآخر. ولتنفيذ ذلك سوف تنشأ في المدينة المذكورة « جامعة عالمية » تربط مع الجامعات المحلية والعالمية، وبمعنى آخر تطوير للجامعة المفتوحة التي ارتادت بها بريطانيا هذه الفكرة ولكن على مستوى عالمي باستغلال التطور التكنولوجي في الاتصالات .

وهذه الخطط المستقبلية لأستراليا ستصبح لاذج تميم على مستوى العالم . تتضائل معها قيمة السلع المادية لتتزايد قيم السلع الذهنية من أفكار ومعلومات، وسيركز النظام الاجتماعي الجديد ليس على مفهوم الساعة الكونية النيوتونية، بل على صورة الشبكات لعالم ما بعد نيوتن، ذلك أننا نعيش في شبكة كونية، وليس ساعة كونية، شبكة من القوى والتجالات، ومن ترابطات كمية، ومن عادة خلافة غير خطية للخواص .

طبيعة الطبيعة العلمية :

في تخليقنا عن النظرة القديمة للعالم، فإن تغييرا حاسما في نمط التفكير يطرء مفهومنا للطبيعة، والتي كانت تبني على أساس فهم نظري للسببية . فبينما كانت الصورة النيوتونية للطبيعة على أساس الادراك الانساني النظري طبيعة في عهدها، فإنه في عالم التجريد الفيزيائي المعجيب ليس لدينا من وسيلة سوى المعادلات الرياضية المتقنة لفهم الطبيعة . وفي تخليقنا عن المفهوم النيوتوني المأثى علينا تقبل أن الأشياء في نماذجنا النظرية وكيثونات العالم الخارجي تعمل علاقات أكثر خفاء مما افترضناه حتى الآن . بل انه في الواقع، ان ما نعتيه أصلا بالطبيعة والواقعية يجب أن يصاد تشكيلهما .

ورغم أننا نعيش فيها يسمى بصر العلم . فإن العلم وحده ليس النظام الوحيد للفكر الذي يثير انتباهنا . فالمعبد من الديانات والفلسفات

تدعى أنها تقدم نظرات عن العالم أكثر غنى وشمولية ، فالنظرة بالنسبة
للعلم تركز على ادعاء أنه يتعامل مع الواقع ، فهما كانت النظرية العلمية
جميلة الصياغة ، وهما كان خطا وانحسما من الشهرة ، فهي لن تكون
مقبولة ، ما لم تمزعا نتائج التجارب .

إن النظرة للعلم كأساس خالص وموضوعي لاستجلاء الحقيقة من
محاكاة العالم الواقعي هي نظرة مثالية ، فالواقع يبين أن الحقيقة العلمية
كثيرا ما تكون أكثر خفاء ومشاكسة .

في قلب الطريقة العلمية تكمن صياغة النظريات ، وهي أساسا نمذجة
للحقيقة ، أو جزء منها ، ويهتم قدر كبير من مفردات العلم بالنماذج أكثر
من الحقيقة ، فكل سبيل المثال ، يستخدم العلماء غالبا كلمة « اكتشاف »
للإشارة إلى تقدم علمي خالص ، وعلى ذلك فأننا نسمع أن « ستيفن هوكينج »
قد « اكتشف » الثقوب السوداء ، هذا القول يشير حقيقة لتعليل رياضي ،
فلم يتمكن أحد لأن من رؤية مثل هذه الأجرام ، أو حتى استبعاد أية
اشاعات حرازية منها .

إن العلاقة بين النمذجة العلمية والواقع الذي تدعى أنها تعبر عنه
لتنبر قضية أعمق ، ولتوضيح المشكلة ، سنبدأ بفق مباشر للغاية ، في
القرنين السادس عشر والسابع عشر قلبت أعمال كوبرنيكس وكبلر وجاليليو
ونيوطن مستقدمات دينية سادت لفرون عن مركز الأرض بالنسبة للكون ،
وقد قدم جاليليو للمحاكمة أمام الكنيسة لموافقته لكوبرنيكس في دوران
الأرض حول الشمس ، الأمر الذي يتعارض مع نظرة الإنجيل للملك الذي
نجعل من الأرض مركزا للكون .

والحقيقة المثيرة للتحشة أن السلطات الكنسية لم تعرض على مفهوم
حركة الأرض حينما استخدم كنموذج لحساب حركة الأجرام السماوية ،
فالذي أثار اعتراضهم هو الاعتقاد بأنها تتحرك حقيقة ، ولكن هذا يعتبر
سؤالا صغيرا ، حتى يعتبر النموذج مجرد أداة حسابية ، ومتى يعتبر
وصفا للحقيقة ؟

لقد بدأ العلم كاستعداد للمنطق القطري، يعدل منه وينتطه بمرجة أكبر ، وعلى ذلك فحينما يبدأ العلماء في وضع النظريات لانهم لما لمّا ما يتخونون العالم بحقيقته السطحية . ولذا فحينما بدأ الفلكيون الإغليون في معالجة موضوع حركة الأجرام السماوية ، قاموا بوضع نموذج لتكون تمثل الأرض فيه مركزا لكرات متحركة تحلل الشمس والقمر والنجوم والكواكب - فزيادة الدقة في الملاحظة كان من اللازم تعديل النموذج ليشمل المزيد من الكرات ، والكرات المتداخلة - وازداد النموذج تعقدا ، وحتى وضع كوبرنيكس الشمس في المركز ، تبسط النموذج بصورة جسيمة .

واليوم ، لا يشك عالم في كون الشمس مركز المجموعة الشمسية ، وإن الأرض هي التي تدور وليست السماء . ولكن هل يؤسس هذا حقا على مجرد أن نموذج الشمس المتمركزة أبسط من الأرض المتمركزة ؟ أم أن المسألة أعمق من ذلك ؟

إن النظريات العلمية يفترض أن تكون مجرد تصوير للحقيقة . وليست هي الحقيقة ذاتها . ولقد بدأ من الواضح أنه مهما حاولنا من تعديل لنموذج الموائم المتداخلة ليكون أكثر دقة في حساب مواضع الأجرام السماوية ، فسقط هناك خطأ بمعنى أو بآخر . والمشكلة كيف يضمن لنا أن نعرف أن وصفنا اليوم للنظام الشمسي صحيح ؟ مهما كانت درجة تأكيدنا من الصورة الحالية . فليس لنا أن نستبعد كلية أن صورة أكثر دقة قد تكشف في المستقبل . وطالما أن النماذج العلمية مرتبطة برباط قوى بالتجارب ، حيث يكون المنطق البديهي مرشدا يول عليه ، فنحن نفسر بثقة في قدرتنا على التمييز بين النموذج والحقيقة . ولكن هذا ليس ميسرا في بعض فروع الفيزياء . فمفهوم الطاقة مثلا مالوف لنا اليوم ، ولكنه كان قد أدخل في الأصل ككلمة رياضية بحتة لتيسر وصف بعض عمليات الديناميكا الحرارية . ونحن لا نرى مثل هذه الطاقة ، ولكننا نتقبل وجودها لكوننا قد تمردنا على استخدام هذا المصطلح .

والوضع أشد سوءاً في الفيزياء الحديثة ، حيث أحياناً ما تتميع الحدود بين النموذج والحقيقة بدرجة تدعو لليأس . ففي نظرية المجال الكمي على سبيل المثال ، غالباً ما يشعر العلماء لكيثونات مجردة مثل الجسيمات « التقديرية » ، هذه الأشياء اللحظية الوجود تتخلق من لا شيء ، وغالباً ما تتلانى في لمح البصر . وعلى الرغم من إمكانية رصد أثر وجودها المابر على المادة المادية ، إلا أنها هي ذاتها غير قابلة للرؤية . قال أي مدى يمكننا القطع بوجودها حقيقة ؟ هل الجسيمات التقديرية هي مجرد وسيلة تساعد المنظرين على وصف عمليات يستحيل وصفها بجسيمات الأشياء المألوفة . أم أنها - كالتأثير المتداخلة - جزء أساسي من نموذج سيتكشف خطؤه في المستقبل . ويستبدل به ما هو أحدث ؟

ما الحقيقة ؟

بصفة عامة ، كلما ابتعد العلم عن المطلق البديهي ، صاحب التمييز بين النموذج وما يفترض اعتباره وصفاً أميناً للعالم الواقعي ، فمن الغرائب المرتبطة بالجسيمات الأولية ما تحمله من كتل . البروتون مثلاً كتلته أقل من الإلكترون بمقدار ١٨٣٦ مرة ، فإذا هذه النسبة بالتحديد ؟ لا أحد يعلم . ويضم العصر الكامل مئات من مثل هذه الأرقام . ورغم أنه يمكن استشفاف شيء من التسلسل المنظم ، إلا أن القيم الحقيقية لتلك الأرقام تظل أمراً عجيبياً .

وليس من المستبعد أن يخترع شخص ما آلة موسيقية تمزف على نوتة بنفس هذه الأرقام ، وولتها ستقول إن تلك الآلة هي نموذج لكتل الجسيمات . ولكن هل يمكن لأحد أن يقول إن هذه الكتل هي حقا نوتة في نظام موسيقي مجرد ؟ تبعد الفكرة بلها ، ولكن حذار ، فقد سبق القول بأن الفيزيائيين مهتمون حالياً بنظرية الأوتار الفائقة ، والتي تدعى إن ما تخيلناه دائماً على أنه جسيمات دون الذرية ما هي إلا استعارات ، أو تذييب ، لحلقات من أوتار صغيرة ! وعلى ذلك لفكرة الآلة ليست مجنونة تماماً في نهاية الأمر . وفي المقابل ، ليس لنا أن نرى تلك الأوتار لضآلتها البالغة ، فهل لنا أن نعتبرها موجودة حقيقة ، أم مجرد تكوين نظري ؟

وإذا كان لنا أن نعرض التاريخ ، فإن للطبيعة عادة سيطرة في خداعتنا حول ما هو حقيقي وما هو من صنع خيالنا - وليست الحركة الظاهرية للنجوم سوى واحدة من قائمة طويلة لحالات تضليل العلماء حين يأخذون الطبيعة بصورتها السطحية .

واليك أمثلة أخرى من البيولوجيا • فالمجسميات البيولوجية لها من الخواص الواضحة ما يجعلنا نتصور أنها منظمة بقوى خاصة ، وهناك النظرية تسمى لنسب الحيوى *vitalism* ، وكان له شوبوع في مطلع هذا القرن . لقد كان هاز درايش *Hans Driesch* مفتونا بالطريقة التي يتطور بها الجنين من بويضة ملقحة إلى مخلوق كامل الأعضاء • وما شد انتباهه بصورة خاصة مقدرة بعض الأجنة على مقاومة ما قد تعرض له من فساد ، وبدا له أنها تحت رقابة من قوة خفية تلحد خطواتها ، اسمها *entelechy* (١) •

وقد هجر للنسب الحيوى اليوم بعد ما تم من دراسات متقدمة للبيولوجيا الجزيئية ، لاكتشاف حصى الـ *DNA* والتعرف على الصفرة الجينية ، حيث اتضح أن الحياة مؤسسة على تفاعلات كيميائية لا تختلف عن تلك التي تجري بين المواد العادية • وقد اتضح ما وقع فيه درايش وأمثاله من تضليل نتيجة عدم فهمهم لكيفية إمكان عدد ضخم من الجزيئات أن تعمل معاً بصورة تآخذ شكل التعاون المشترك دون حاجة لحطة مسبقة تفرض عليها •

وتاريخ نظرية التطور على • يمثل هذه الزلات • حث مثلاً كيف كانت وجهة نظر لامارك منطقية في نظريته للنشوء والارتقاء ، وبمقتضاها تكيف الكائنات ليبلغ عطف تصبو اليه ، الأسود تحاول زيادة سرعة عدوها ، لتلتحق بغرائسها ، والزراف يحاول إطالة رقبتها للوصول إلى أوراق شجر أعلى ، وهكذا • مثل هذه المحاولات لها تأثير على النسل ، بحيث يكون الجيل التالي من الأسود أسرع بدرجة بسيطة ، ومن الزراف أطول أمثاقاً بقدر ما • ويكون ابن الحمار ، بناء على النظرية ،

مولودا منتقلة ساعد اقوى ، حيث ان اياه كنه استعملها بدرجة اكبر طوال حياته . وهذه النظرية تزداد المطولات تكييفا مع بيتها .

ولهذه النظرية وجهتها بناء على ما نلاحظه ، فالمخلوقات تكدر بالفضل للوصول لانراضها ، والحريات تبين انها تزداد تكييفا مع ظروفها البيئية الخاصة مع تطور الاجيال . ولكن النظرية خاطئة ، الا بينت التجارب ان مثل هذه الصفات لا توارث ، بل ان التغيرات بين الاجيال ، وكما بين داروين بحق ، تتم عفوا ليا ، ويقوم الانتخاب الطبيعي باستبقاء الاصالح منها ، وبذلك يكون التطور في الطبيعة .

ويستند الفيلسوف توماس كون ان العلماء يتسكون بمنطقهم الفكري بشدة ، فلا يبدلون الا حين تظهر دلائل قاطعة على فسادهم . ومثل هذا المنطق يشكل أسلوبهم في وضع نظرياتهم . وله تأثير قوى على طريقة استخلاصهم للنتائج . واذا كان التجريبيون يفسرون بوضوحيتهم ، الا انه مع الوقت يأخفون في تكييف بياناتهم عن غير وهم لتوائم أفكارهم المسبقة . وحيانا تجري أكثر من تجربة ، ويستشف منها نفس النتيجة الخاطئة ، لأنها النتيجة المتلفة مع ما كان متوقعا .

وقنوات المربخ متبال لذلك . فما ان أعلن G. V. Schlaparelli عن رصده لها عام ١٨٧٧ ، حتى أكد عدد من الفلكيين وجودها ، بل ووضعت لها غرائط توضيلية . ولكن مركبة الفضاء مارينر ٤ لم تظهر أي وجود مثل هذه « القنوات » .

أوخذ مثال نظرية « اللاهوب phlogiston » (٢) في الاحتراق . ففي القرن السابع عشر اقترح جورج ايرنست شتال George Ernst Stahl أنه عندما تحترق مادة أو قصدا ، فانها تطلق مادة إعطاما ذلك الاسم ، وكانت الفكرة بادية الموجهة ، فالمواد المحترقة أو الصاعدة تبدو انها تطلق بالفعل شيئا ما . ولكن مرة أخرى يتبين خطأ هذا الرأي . فلو بينت التجارب التسالية أن تلك المواد تأخذ من الهواء شيئا ما ، الا وهو الأكسجين .

وما هذه الا امثلة تبين كيف أن العلماء قد يرون أنورا على غير حقيقتها . ولبي أحاجين أخرى يشتملون في رؤية ما هو موجود . فوجود التسبب ظل ثرا مشكوكا فيه لقرون . اذ كان شديدا من الخطأ أن يظن أن السماء تنظر مستورا . ولكن حالة من هذه أجبرت الجمعية العلمية الفرنسية على تغيير موقفها . ثم تلتها بقية الجمعيات .

ما وراء النطق البشري ؟

حين يحدث تحول في منهج التفكير . فغالبا ما يكون ذلك مصحوبا بتغيرات حادة . ومثال على ذلك . الأثير . فقد بين ماكسويل James Clerk Maxwell . أن الضوء . هو الا موجات كهرومغناطيسية . وكان من المنطقي أن هذه الموجات محتاجة لوسط تنتشر فيه . فمن البديهيات أن الموجات تنتشر خلال شيء ما . فالموجات الصوتية تنتشر خلال الهواء . وأمواج البحر تنتشر خلال الماء . ولما كان الضوء يصلنا من الشمس وغيرها من النجوم فيما بدأ فرافا . كان لابد من تصور مادة غير مرئية او محسوسة تملأ هذا الفراغ . وتنتقل خلالها موجات الضوء .

وبلغ من ثقة العلماء بوجود هذه المادة أن أجريت التجارب لقياس سرعة الأرض بالنسبة لها . ولكن هيئات . فقد بينت التجارب بصورة قاطعة أن الأثير ليس له وجود . وأثارت هذه النتيجة جدلا واسما . الى أن كان المخرج من المحنة عام ١٩٠٥ . من خلال تغيير في منهج التفكير . فبالنظر للزمان والمكان كاشياء مرتبة تنغير بحسب إطار الاستناد . يمكن أنيقشتين من بيان أن نظريته النسبية تجعل من الأثير افتراضا لا داعي له . وبدلا منه يحومل الضوء كاضطرابات على شكل موجات في مجال كهرومغناطيسي مستقل الوجود . يتحول من إطار استناد للأخر بصورة تجعل حركة الأرض خارجة عن الموضوع .

لما بالنسبة لأهل القرن الماضي . فقد كان الأثير حقيقة موجودة . بل أن بعض الناس (ليس منهم الفيزيائيون بالطبع) ما زالوا متمسكين بالفكرة . فكثرا ما نسمع أن موجات الاذاعة تنتقل « عبر الأثير » . ولكن

على سبيل التجاوز القوي - والسؤال هنا ، كيف لنا أن نتأكد من عدم وجود الأثير ؟ فأولا وأخيرا ، المجال الكهرومغناطيسي هو أيضا كينونة مجردة غير قابلة للرؤية المباشرة . يمكن للمرء مرة أخرى أن يقول أن نظرية النسبية أبسط من غيرها ، ولكن بينما حالة الأرض في دوراتها حول الشمس واضحة ، فإن حقيقة وجود الأثير ، أو المجال الكهرومغناطيسي ، أو عدم وجود شيء منها ، يظل أمرا أكثر غموضا .

وقد يبلغ التمسك بالمنطق البديهي درجة الجدالة حتى في أكثر أفكار العلم الحديث رسوخا - فحتى بعد ما يقرب من قرن من الاختبارات الجادة لنظرية النسبية ، لا تلقا بعض المجالات العلمية تنشر بحوثا لأفراد (أغلبهم ممن ليس له وزن علمي يذكر) يدعون وجود ثغرات في النظرية النسبية ، محاولين إرجاعنا إلى عهد الزمان والمكان المطلقين - والأساس المتنازع لثل هذه الهجمات هو أن المسالم لا يمكن أن يكون حقيقة على الصورة التي ادعاهم أينشتاين ، وأن نظرية تتعامل مع الحقيقة يجب أن تكون مهيمنة ببساطة فلا تلجأ إلى نماذج مجردة .

على أن الصاعب الخاصة بالصلة بين النماذج المجردة والواقع لا يجب أن تقلل من كون العلم يتعامل مع الحقيقة ، فمن الواضح أن النظريات العلمية - حتى في أكثر صورها تجريدا - تحتوي على بعض عناصر الواقع ، ولكن السؤال هو ما إذا كان يمكننا أن نسمي أن العلم يبرر من الحقيقة الكاملة - هناك بالطبع علماء يتكروون أن العلم قد ادعى من قبل مثل هذا الادعاء المتبجح - فالعلم قد يطلع بدرجة كبيرة في وصف الإلكترون مثلا ، ولكنه ممتنع القوة حين نتحدث عن شيء كالحيث ، والذرات ، أو معنى الحياة - مثل هذه الحاشيات هي جزء من الحقيقة ، ولكن يبدو أنها خارج مجال العلم .

ولعل هذا التصور من جانب العلم قد تسبب في الهجة الفاسدة للعلم التي نشاهدنا حاليا في العالم الغربي ، والخطر أن العلم سوف

يشغل عنه لحساب نظم من التفكير مبنية على الفئيات لا الوقائع .
والأسوأ من ذلك أن يشكك بالعلم ، ولكن لتسخيره لأفكار عقيدية .
فنسمع من « العلم الاسلامي » أو « العلم الأثوي » ، فلا يوجد بالطبع
سوى علم واحد ، وهو يتعامل مع الحقائق وليس مع المفاهيم . والثشي
المهم هو تقدير أن هذه الحقائق قد تكون مسدودة ، أو قد تنقل في شفا.
غالب البعض لفهم الحقيقة الخفية .

وقد يتساءل المرء إذا كان العلم سيظل مسدود القدرة في هذا
الضمير . هل من الممكن أن نتصور العلم قادراً في المستقبل على الإجابة
على الأسئلة الفاصلة ، والتعامل مع الحقيقة الخفية ؟ يبدو أن الإجابة هي
بالنفي ، حيث أن العلم يحتوي بداخله تمبيرا عن تصوره .

في الثلاثينيات ، كان الفيزيقيون تحت تأثير قوي لحركة تسمى
« الوضعية » *positivism* ، تشدد البحث عن جذور الحقيقة فيما
يمكن مشاهدته فقط . وقد ذهب مؤسس ميكانيكا الكم ، خاصة نيلز بوهر
Nella Bohr وليرنر هايزنبرج Werner Heisenberg إلى أننا حين نتحدث
عن الذرة والالكترون وغيرهما ، لا يجب أن نسقط في زلة تصورهما كجسد
أشياء صغيرة تعيش على استقلال حياتها الخاصة . فيميكانيكا الكم يمكننا
من ربط مشاهدات مختلفة على الفترة مثلا . ويجب اعتبار النظرية على
أنها إجراء لربط هذه المشاهدات في نوع من النظام المنطقي المستقر
- خوارزم (٢) *algorithm* رياضي ، واستخدام كلمة « ذرة » ما هو
الا طريقة غير رسمية للحديث عن هذا الخوارزم ، أو وسيلة مواءمة
لتدبيح هذا المعنى المجرد في اللغة الفيزيائية ، ولكنها لا تعني أنه توجد
« كيوتنة » معرفة تعريفا دقيقا وذات خصائص محددة تصديدا قاطعا من
موضع وسرعة .

وتعتبر كلمات هايزنبرج عن هذا المعنى : « في التجارب المتعلقة
بالأحداث الذرية علينا أن نتعامل مع أشياء وحقائق ، ومع ظواهر واقعية
شأنها في ذلك شأن أية ظواهر في حياتنا اليومية . ولكن الذرات أو
الجسيمات الأولية ذاتها ليست بنفس هذه الواقعية ، فهي تكون عالما

مسحرة الطبيعة

من الاجتمالات والابكانات وليس من الأشياء والمضائق ، • كما يعبر
بوهر عن ذلك بقوله : « ليست الفيزياء متعلقة بمعية الأشياء ، ولكن
بما يمكن أن نقوله عنها » • فبالنسبة لهؤلاء الفيزيائيين لم تتجاوز
الطبيعة حقائق التجارب ، فالتنتائج تظهر على أجهزة مرئية ، أما مصطلح
« ذرة » فلم يعد الا شفرة لنموذج رياضي ، ليس مقصودا منه التعبير عن
جزء مستقل من الواقع •

ولم يكن كل الفيزيائيين مستعدين لتقبل هذا الوضع فأينشتين
على سبيل المثال عارضه بشدة • مصرأ على أن عالم الكم المجهرى يحتوى
على أشياء مثل الذرات لها حقيقتها الكاملة ، كالكرسى والمائدة • والفرق
من وجهة نظره هو مجرد قياس الأبعاد • كما يتمسك دافيد بوم
David Bohm بنفس المنطق ، داعيا الى أنه توجد حقائق فعلية في
العالم الكمى المجهرى ، وحتى وإن كانت مشاهداتنا قاصرة عن بواطنه
بصورة تامة •

هذا الانقسام العميق بين العلماء حول طبيعة الطبيعة يظهر مدى
التردد في القول بأن العلم ينحصر عن الطبيعة الكاملة • فيكلايكا الكم
يبدو أنها تفسح حدا متاصلا للعلم فيما يمكنه أن يخبر عن العالم ، وتجعل
من الأشياء التي تعودنا على اعتبارها حقيقة مجرد كيونات للنسجة •

وعلى الرغم من الدعم الهائل الذي تلقتة فلسفة هايزنبرج وبوهر ،
فإن الرغبة في التساؤل عما يكونه العالم حقيقة ما تزال جياشة • هل
الذرة موجودة حقا ؟ هل الأثير موجود حقيقة ؟ يبدو أن الاجابة هي
« ربما » و « ربما لا » على الترتيب • ولكن المسلم ليس قادرا بالمرءة
على اختيارنا •

وفي مواجهة هذا التصور قد يعطو للبعض أن يتخل من العلم ويلجأ
للدن ، أو يعتنق نظاما من النظم الشاذة التي تشاهدنا في آياتنا هذه •
ولكن هذا سيكون خطأ جسيما • فمن المؤكد أنه من الأفضل تدبيل نظام
تكرى يفسح قبونا غير متساهلة بالنسبة للموضوعية وللتفكير ، حتى

وان كان لا يعبر عن جزء من الحقيقة ، عن امتثاق عقائد عن غير تبصر .
وليس معنى ذلك أن الدين ليس له دور ، طالما كان متعلقا بالمسائل
الخارجة عن نطاق العلم الوضعي (٤) . وبالتسبة لكثير من الناس فهذه
المسائل هي الأكثر أهمية .

ويكفي هذا من القصور في العلم ، فبعد أن عرضنا بأمانة ما لا يمكن
للعلم أن يغير عنه من الكون ، نبدا من الآن في الحديث عما يمكن للعلم
أن يقوله عن العالم الذي نعيش فيه ، والواقعية الجديدة التي تتخطى
عن أفهام الحديث ليس لسلوك الجسيمات الأولية (سواء أكانت حقيقة
أم لا) منفصلة ، بل مجموعات منها تعمل ، أو تتعاون ، في نظم معقدة .
إن التفسير في المنهج الفكري الذي نمائشه حاليا هو تحول من الفكر
التجزئي إلى المصومي ، وهو تحول له عظمتة ككل تغيير في المنهج الفكري
على مر التاريخ .

هوامش الفصل الأول

(١) كلمة لغوية تعني : شغل الكمال ، راجع : القاموس The concise Oxford dictionary (الترجمة) .

(٢) حادثة كيميائية وعسية كان يعتقد - قبل اكتشاف الإلكترون - أنها مكون أساس من
مكونات الأجسام المادية - (البرية) .

(٣) تحليل اجرائي لعمل مسألة رياضية معينة - (الترجمة) .

(٤) يقول الخرسولي الكريم في هذا الخصوص : « أتأم أعلم يا محرم بديهم » -

(الترجمة) .

الفصل الثاني

الهيولية وتحرر المادة

العالم بأكمله مؤسس على أن العالم الفيزيقي محدود تحديدا قاطعا ،
وإن هذه القطعية معبر عنها بأجل صورة في القوانين الفيزيكية ، ولا أحد
يعلم من أين أنت هذه القوانين ، ولا لماذا تعمل بصورة تبدو مطلقة
ومطرقة ، ولكننا نراها تعمل من حولنا في توافق ليل نهار ، على غرار
حركة الكواكب أو دقائق الساعة .

على أن الانضباط ليس بهذا الاطراد ، فتقلبات الطقس ، والسمار
الناشيء عن الزلازل ، والشهب الساقطة من السماء ، كلها حوادث
تبدو عشوائية لا ضابط لها - وليس من عجب أن يرجع الإلمهرون هذه
الأفعال إلى نزوات الآلهة - ولكن كيف لنا أن نوفق بين هذه الأفعال
الإلهية ، وما يفترض من وجود قوانين يسل الكون بمقتضاها ؟

ولقد نظر فلاسفة الإغريق للعالم على أنه ساحة للنزال بين قوى
تنظيمية ، ينتج عنها الكون المنظم common ، وقوى تعمل في اتجاه
العشوائية ، ينتج عنها الهمول chaos . وكان ينظر لمثل هذه العشوائية
أو الهيولية ، على أنها أمر سلبي يمثل الشر . ونحن لا ننظر اليوم
للحوادث الخاضعة للصدفة على أنه أمر شرير ، أو تخبط أعمى - فهي
لها دورها البناء ، كما في عمليات التطور البيولوجية ، كما أن لها دورها

الهدام ، كما في سقوط جناح طائرة بسبب الاجهاد الذي تعرض له معدنه .

ورغم أن الصف الفردي قد يبدو بلا قانون يحكمها ، إلا أن الصليات المتساوية تظهر خضوعا لنظم احصائية صلبة . ففي الواقع ، يعطي مدير كازينو القمار ثلثته في قوانين الصدفة بقدر ما يعطيه للمهندس لقوانين الفيزياء . ولكن هذا قد يتغير تناقضا ، فكيف تخضع مجلة الروبوت لقوانين الفيزياء ، وتخضع في نفس الوقت لقوانين الصدفة ؟

هل الكون حقا آلة ؟

كما رأينا ، فقد أصبح العلماء متمودين تحت تأثير قوانين نيوتن ان ينظروا للكون كآلة متضبطة . وتجد هذه الطبيعة أبلغ تعبير عنها في أعمال بيير لابلاس P. Laplace في القرن الثامن عشر ، فقد نظر الى كل جسيم في الكون على أنه متقيد بقوانين الحركة تليها لا فكاك منه ، فهذه القوانين تحكم حتى أصغر ذرة في الكون ودل أدق التفاصيل . وعلى ذلك فقد رأى أنه من معرفة حالة الكون في لحظة معينة ، يمكن حساب مستقبله بكل دقة بتطبيق قوانين نيوتن للحركة .

وكما ذكرنا في الفصل الأول، فإن النظر للكون كآلة تخضع لقوانين حتمية من الخطأ قد أثر على النظرة المثالية تأثيرا بالغا . وكان هذا مناقضا تماما للنظرة الاغريقية للكون على أنه كائن حي . فالآلة ليست لديها ، ارادة حرة ، فمستقبلها محدد بصرامة من بداية حياتها لنهايتها . وفي هذه الصورة لا يلعب الزمن دورا أساسيا ، فالمستقبل محتو بالفضل في الحاضر ، وكما عبر إيليا بريجوجين Ilya Prigogine ببلغة ، لقد حتمت صورة الآلة الى مجرد كاتب للسجلات ، كل ما عليه أن يقلب صفحات التاريخ المحتوم للكون .

ومن داخل هذه الصورة الآلية الصماء للكون تكمن غمضا فكرة أنه لا توجد حوادث وليست للصدفة في الطبيعة . فقد تبدو حوادث أنها

عشوائية ، ولكن تبرير ذلك هو في جهل الإنسان بتفاصيل العمليات التي تولدت عنها .

فلنأخذ مثلا الحركة البراونية - جسم ضئيل معلق في سائل (أو ذرة غبار في الجو) ، نشاهده تحت المجهر يتحرك في عشوائية ، مع صداه التواصل بجزئيات السائل (أو الهواء) من كل اتجاه . هذه الحركة هي مثال تقليدي للعمليات العشوائية التي يصعب توقعها . ولكن طبقا لمطلق لايبلاس ، لو أتيج لنا أن نتعرف على تفاصيل كل حركة لكل جزيء في السائل ، فإن الحركة البراونية ستكون محددة بدقة تامة حركات المسام . فالعشوائية البادية في هذه الحركة ليست الا نتيجة لفصل معلوماتنا عن حركات الآلاف من الجزيئات ، وهو فصل ناتج عن أن حواسنا ، وما لديها من أجهزة ، ليست بالدقة التي نتمكن من الرؤية على المستوى الجزيئي .

وساد لفترة الاعتقاد بأن الحوادث التي تبدو ظاهريا وليدة الصدفة هي نتيجة لجهلنا . أو لما نقوم به من تبسيط (أخذ المتوسطات) لعدد هائل من الحوادث الخفية عنا . فلفظ العملة أو رمي النرد أو حركة عجلة الروليت ، نظر إليها على أنها عمليات منتظمة ، فقط لو أتيج لنا أن نرى على مستوى الجزيئات . ان الانضباط الصارم للآلة الكونية يضمن خضوع كل حادثة مهما بدت عشوائية للقوانين .

وفي القرن العشرين حدث تطوران هزا من الثقة في هذه الصورة الآلية . أولا كانت ميكانيكا الكم ، وفي صميم قلبها يكمن مبدأ عدم اليقين لهايزنبرج ، والذي ينص على أن أي شيء نريد قياسه يضغط بالفعل لتغيرات عشوائية . وسوف يقال المزيد عن ذلك في الفصل السابع ، المهم هنا أن هذه التغيرات ليست نتيجة القصور البشري أو مستويات أعلى للآلة الكونية ، انها عشوائية كاملة في أسلوب عمل الطبيعة على المستوى الذري . أمثلا ، الوقت المحدد لتحلل نواة معينة في مادة مشعة أمر طبيعته غير قابل للتحديد . وهكذا الحق بالطبيعة عنصر أسيل من عدم القدرة على التنبؤ .

وعلى الرغم من هذه اللاتطمية ، فإن ميكانيكا الكم تشمل نظرية منضبطة بمفهوم معين ، فإذا كانت العملية الكلية الواحدة غير قاطعة النتائج ، فإن الاحتمال النسبي لنتائج مجموع العمليات يجري على نمط منضبط . وبمعنى آخر ، فإنه إذا كنا غير قادرين على التنبؤ بنتيجة دمج النرد الكمى ، فى عملية ما ، فإننا نعلم بدقة بالغة كيف تتغير الخطارية من لحظة لأخرى . فميكانيكا الكم ، كنظرية « احصائية » ، هى نظرية محددة . وعلى هذا الأساس يصل الحاسب الآلى بما صمم عليه ، على الرغم من استحالة توقع تصرف كل الكترون فى نظامه . فالفيزياء تجعل من الصدفة عنصرا أصيلا من عناصر الحقيقة ، مع الإبقاء على أثر للنظرية الديوتونية - اللابلاسية .

ثم جاءت الهيولية لتلعب دورها . والأفكار الأساسية لمعالجة الهيولية كانت موجودة بالفعل فى أعمال الرياضى الفرنسى هنرى پوانكاريه Henri Poincaré فى القرن الماضى، ولكن نظرية متكاملة لها لم تظهر الا فى الآونة الأخيرة ، خاصة فى العمليات المرتبطة بالحاسب الآلى .

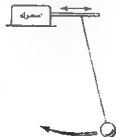
والخاصية الجوهرية للعمليات الهيولية بتطور « الخطأ المتنبأ به Predictive error » مع الزمن . ولبيان ذلك ، لبدأ بمثال غير عشوائى ، حركة البندول البسيط . تصور بتدوين يتأرجحان فى تزامن . ثم افترض أن أحدهما قد تعرض لقوة أخرجه عن هذا التزامن بدرجة بسيطة . هذا الفرق فى التزامن سيظل بسيطاً مع مرور الزمن .

ولاجراء عملية التوقع لحركة البندول ، نقيس موضع وسرعته فى لحظة معينة ، ثم نجري حساباتنا طبقا لقوانين نيوتن للحركة . ولو وجد خطأ فى قياس الظروف البدئية ، فإن هذا الخطأ سيظهر أثره فى الحسابات التالية ، مؤثرا على النتائج المتنبأ بها . والفرق بين تأرجح البندولين المتماثل اليهما هو بيان لمثل هذا الخطأ وهو يماوس تأثيره .

وفى النظم غير الهيولية *nonchaotic systems* الناعمة ، تتراكم الأخطاء مع الزمن ، ولكن الأمر الحاسم هو أنها تتزايد بصورة متناسبة تقريبية مع سريان الزمن ، وعلى ذلك فهى تحت السيطرة نسبيا .

والآن تصور سلوك نظام حيوى . ففى نظام كهذا ، يتضاعف أثر الخطأ المبدئى تضاعفا سريعا ، والواقع ، ان العلامة المميزة للنظم الهىولىية هى ان الخطأ فيها يتضاعف بصورة « أسية » *exponentially* ، فبدلا من ان يكون الخطأ فى لحظة مساويا تقريبا لقيسته فى اللحظة السابقة ، قد تكون قيمته فى لحظة مساوية لتراكم كافة الأخطاء فى اللحظات السابقة منذ بدء العملية . وبعد فترة وجيزة ، يصبح الخطأ هو المسيطر تماما على العملية ، وتضيق بالتالى أية قدرة تنبئية . وعلى ذلك فان خطأ صغيرا فى البداية سرعان ما يتضخم الى درجة تصنف بالنظام .

ويبدو التميز بين النظامين واضحا فى تصور سلوكه بتفول كروى ، وهو البنتول الحر الحركة فى أى اتجاه . وفى الحياة الصلية يمكن أن يأخذ صورة كرة معلقة بمخيط ، كما هو مبين فى الشكل (٦) . فإذا ما تعرضت نقطة التعليق لحركة اهتزازية منتظمة فى الاتجاه الألفى ،



الشكل (٦) . يمكن البنتول كروى بسيط أن يظهر خواص هىولىية ، حين تتأرجح نهاية للخيوط ، منتزجة لكثرة . ويمكن أن تستقر على نقطة معينة ، ولكن فى غيرها تكون الحركة هىولىاية بغير تغيير .

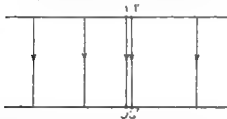
فإن الكرة تبدأ في التراجع - وبعد فترة قد تستقر في حركة منتظمة ترسم فيها الكرة مساراً شبه اهليلجي ذا دورة نساي تردد اللوح المتحركة . ولكن إذا ما تغيرت القوة المتحركة تغييراً طفيفاً ، فإن هذه الحركة المنتظمة تتحول إلى حركة هيلولية ، تعود بها الكرة في اتجاه مرة ، وفي الاتجاه المضاد مرة أخرى . وهكذا بلا شايك معين .

وعند الانقباض هنا ليس صورة من المتساوية التي صادفناها في حالة الحركة البراونية ، فهو ليس قابلاً من آلاف التفاعلات على المستوى الجزيئي ، أو ما يسميه الفيزيقيسون « درجات الحرية » ، degrees of freedom . فالنظام المروى يمكن وصفه رياضياً بثلاث درجات للحرية ، بمعنى أنه نظام محدود تماماً ، ولكن حركة البندول هي غير المنضبطة . وقد كان يربط دائماً بين التحديد والقدرة على التنبؤ ، وينبئ مثال البندول هذا أن هذا الترابط ليس صحيحاً على الإطلاق .

فالنظام قطعي التحديد deterministic system هو الذي يحدد مستقبله بناءً على قانون منضبط ، بمعرفة ظروفه الابتدائية . أسقط كرة ما ، وسوف تكون سرعتها عند المواضع المختلفة وفي الأزمنة المختلفة محددة تماماً بموضعها وسرعتها الابتدائية عند لحظة الإسقاط . وعلى ذلك فلدينا علاقة « واحد إلى واحد » بين الحالات الأولية والنهائية ، وبهذه الحواسيب ، يفترض ذلك أن لدينا علاقة « واحد إلى واحد » بين المدخلات inputs و « المخرجات outputs » عند حساب التنبؤ . ولكن لا يجب أن ننسى أن الحوسبة التنبؤية تتضمن دائماً شيئاً من أنظمة أولية في المدخلات . ذلك لأنه ليس بإمكاننا قياس القيم الفيزيائية بدقة نهائية .

ويمكن التمييز بين النظم الهيلولية وغير الهيلولية من خلال المقارنة بين شكلين متميزين ، كما هو مبين في الشكل (٢) . فالنقاط في الخط الأتقى الأعلى تمثل الأوضاع الابتدائية لنظام غير هيلولي (مثلاً : وضع كرة على وشك الإسقاط) . والتحديد يعني أن هناك علاقة واحد إلى واحد

بين نقاط الخط الأعلى والأسفل ، مستقلة بالمخطوط الرأسية . فكل حالة
نهائية (كل نقطة على الخط السفلي) تصل إليها من حالة ابتدائية واحدة
(نقطة وحيدة على الخط العلوي) . فإذا كنا جاهلين بدرجة بساطة
بالحالة الابتدائية ، فإن ذلك سيترجم إلى جهل بسيط في الحالة النهائية ،
ويمثل هذا على التمثيل بنقطة قريبة جدا من الأخرى على الخط العلوي
(الفرق بين نقطتين أ و ب) ، تقابلها نقطة قريبة جدا من الأخرى على الخط
السفلي (الفرق بين النقطتين ، ب ، ب') . ومعنى آخر ، فإن الأصل البسيط
في الظروف الابتدائية يترتب عليه خطأ بسيط في النتيجة .



الشكل (٢) : يمكن تصوير الحقيقة عن طريق هذا المثال الهندسي البسيط ، كل
نقطة على الخط الأعلى مرتبطة بنقطة واحدة فقط على الخط الأسفل . ويتبع من هذا
بسيما في تحديد النقطة المطلوبة خطا بسيط يخلص الفكر في تحديد النقطة السفلية . فإذا
جهت النقطة في الخط العلوي من الحالات الابتدائية ، والسفلي من الحالات النهائية ، فإن
مثل هذا يمثل الفترة على التمثيل .

أما النظم الهيولية ، فيمثلها الشكل (٣) . هنا تمثل الظروف
الابتدائية بنقاط على محيط دائرة ، والنتائج النهائية على الخط الأفقي .
هنا أيضا لدينا علاقة واحد إلى واحد بين موضوعي النقاط ، فمن معرفة
نقطة ما يمكن معرفة النقطة المقابلة في المجموعة الأخرى . ولكن خطوط
الربط هنا تأخذ شكلا مروحيا ، بحيث أنه كلما اقتربنا من قمة المنحنى ،
كان التباعد بين النقاط على الخط الأفقي أكبر . وعلى ذلك فأي تغيير

ضئيل في نقاط المجموعة الأولى سيترتب عليه تغير جسم في المجموعة الثانية . وعلى ذلك فإن جهلا بسيطا في الظروف الابتدائية تترتب عليه درجة كبيرة من الشك في تحديد الظروف النهائية . هذا الوضع يمثل الهيولاءة . حيث يكون النظام حساسا بدرجة فائقة للظروف الابتدائية .



الشكل (٣) : يمثل هذا الشكل وشبهًا متطابقًا مع ما صور في الشكل (٦) . حيث يترتب على خطأ بسيط في تحديد نقطة على محيط الدائرة خطأ جسيم في تحديد النقطة المتكافئة على الخط الأفقي . ولزيادة هذه الحساسية للشك كلما اتينا من قمة الدائرة . رغم وضوح العلاقة نظريا . فإن التنبؤ صعب . وهو ما يمثل للنظام الهيولاءة .

هذه الحساسية ليست مجرد نتيجة لتصور بشري من حيث دقة القياس ، أو دقة رسم المخطوط ، فالمفهوم الرياضي للخط هو ضرب من التصوير الخيالي ، يقرّب الواقع . فعدم اليقين هو الحق ، والخط الهندسي هو الخيال . ونسأ أن نرى هذا واضحا من تعريف الخط هندسيا لدى قدماء الإغريق .

فهم قد أدركوا أنه بإمكاننا أن نضع أرقاما على الخط نمثل بمد كل نقطة من نهايته ، كما هو مبين في الشكل (٤) بالنسبة لجزء الخط من نقطة الصفر والنقطة رقم واحد . وتغطي النقاط بينهما أعدادا كسرية مكونة من رقم صحيح في البسط وآخر مثله في المقام ، وقد أطلق الإغريق على هذه الأرقام « rational » (منطقية . وهي الكسور المنتهية) من الجذر « ratio » . وضع أي عدد في البسط وآخر في المقام فيمكنك الوصول للنقطة المقابلة له . ومع ذلك ، فالرياضيون يمكنهم الإثبات بسهولة أنه ليست كافة النقاط على جزء متصل من الخط يمكن أن تغطي كسورا منتهية . فبعض كل نقطتين متتاليتين بهذا الشكل ، بإمكانك أن تجد تقاطعا

متوسطة ، لا يمكن التعبير عنها بكسر منته ، بل يصير عنها بكسر عكسي
 ذي عدد غير منته من الأرقام ، ومثل هذه النقاط يمكنك أن تكون قريباً
 منها بدرجات متفاوتة من الدقة ، ولكن لا يمكن تعديدها بالضبط .



الشكل (٤) : يمكن أن تمثل النقطة على الخط ارقاما بين المسار والواحد الصحيح .
 وبعد النقطة لا نهائي على هذا الخط ، ولكن تحديد موضع نقطة لتحديد فاصلا امر غير
 ممكن مطلقا ، حيث يتطلب الامر عددا لا نهائيا من الإعدادات الكسرية للتعبير عن الموضع .

ومجموعة الكسور المنتهية وغير المنتهية يطلق عليها مسا مجموعة
 الأعداد الحقيقية ، ومنها بالطبع ما يمكن التعبير عنه بصورة موزونة ،
 مثل 0.3 أو $3/10$ ، ولكن الرقم الحقيقي في صورته النقطية لا يمكن
 التعبير عنه الا بعدد لا نهائي من الأرقام ككسور عشرية لا تحصل نتائجها
 ذا نظام معين ، بل هو تتابع عشوائي random ، ومعنى ذلك أن التعبير
 عن عدد واحد من هذه الأعداد يتطلب قدرا لا نهائيا من المعلومات ، وهو
 امر مستحيل حتى من ناحية المبدأ . وعلى ذلك فالقوى حاسوب متصور ،
 لا يمكنه تذكر عدد حقيقي واحد بالدقة اللانهائية . وعلى ذلك ، فإن التعبير
 عن الخط الهندسي كمتصل من الأعداد الحقيقية يقلل غيالا رياضيا
 مطلقا .

ما أثر ذلك على المساحيات الهيولوية ؟ إن التعديده المطلق يعني
 ضمنا أن التنزيء يجري في ظروف متتالية من الدقة اللانهائية ، ففي حالة
 البنودول ، يتطلب تحديد حركته معرفة الوضع الابتدائي له ، وفلك بقياس
 بعده عن نقطة مرجعية معينة ، ويتطلب ذلك التعبير عن المسافة المقبسة
 بعدد حقيقي ، وهو ما يستحيل عمله بدقة لا نهائية كما بينا .

وفي النظم غير الهيولوية ليس هذا بالصورة بقى أهمية بالدقة ، حيث
 إن الأخطاء تتراكم ببطء . أما في النظم الهيولوية ، فالأمر أخطر من ذلك .
 نفترض أن درجة الدقة كانت خطأ في الرقم العشري الخامس ، ونحن

تقدر حركته في فترة زمنية « ت » لو زدنا درجة الدقة إلى الرقم المشرى
المأثر حتى نرفع من درجة اليقين في الفترة المذكورة ، فإن التزايد الأسى
قد يبعدنا إلى نفس درجة الخطأ في فترة زمنية « ٢ ت » مثلا . ومعنى
ذلك أننا زدنا من الدقة بمقدار ١٠٠ر٠٠٠ مرة لنزيد من اليقين لفترة
لا تزيد عن الضعف .

إن صلاء الحسابية للظروف الأولية هي التي أدت إلى المقولة
المشهورة . بأن درفة فراشة لأجنحتها في مليون اليوم تؤثر على الطقس
في لندن بعد أسبوع . فحيث أن الطقس في الكرة الأرضية نظام حيوى ،
وأنه لا يوجد نظام من ناحية للبدا يمكن وصفه بدقة كاملة ، فإن التنبؤ
بالطقس على المدى البعيد لا يمكن تحقيقه ، مثله في ذلك مثل أى نظام
حيوى آخر . ولا نفتأ نؤكد أنه لا علاقة في ذلك بالقصور البشرى ،
فالكون ذاته لا يمكن ما يعلمه بدقة مطلقة ، ومن ثم لا يمكن التنبؤ
بما سيحدث مستقبلا بتفاصيل كاملة ، فهناك أشياء تجري بالفعل
بصورة عشوائية .

ومن الواضح أن الهيوولية تعطينا برزخا بين قوانين الفيزياء وقوانين
الصدف . فمن وجهة نظر معينة يمكن إرجاع الصدف أو العشوائية
للنقص في التفاصيل . لكن بينما تبدو الحركة البراونية عشوائية بسبب
العدد الهول من درجات الحرية التي تضطرنا للتجاوز عنها ، فإن الهيوولية
المتطيدة تبدو عشوائية بسبب كوننا بالضرورة غافلين عن التفاصيل
القاية في الدقة لدرجات من الحرية قليلة العدد . وعلى هذا يكون الكون
ذاته . وبينما الحركة البراونية مقتصة لأن التصادم مع الجزيئات هو في
حد ذاته عملية مقتصة ، فإن حركة البندول مقتصة حتى وإن كان النظام
ذاته بسيطا للغاية . وعلى ذلك فالمسالك المقص لا يعنى بالضرورة تعقد
القوانين الحاكمة أو القوى المؤثرة . فمخراسات الهيوولية أوجعت توافقا
بين تعقد العالم الفيزيائي حين يظهر تصرفات شاذة وعشوائية ، وبين
النظام والبساطة التي تتميز بها قوانين الطبيعة .

ودعم أن الهيولية التحديدية هي حقايقنا لنا ، فانه يجب ألا ننسى أن الطبيعة ليست هي الواقع تحديدية بأي شكل من الأشكال . فقدم اليقين المصاحب للتأثيرات الكمية يتدخل في ديناميكية كافة النظم ، هيولية أو غير هيولية ، على المستوى الذري . وقد يفترض أن عدم اليقين سوف يترابط مع الهيولية ليضعف من عدم القدرة على التنبؤ الكوني . ولكن الأمر المستغرب هو أن التأثيرات الكمية يبدو أن لها تأثيرا مغايرا من الهيولية . فيحس النظم التي تبدو هيولية عند مستوى النيوتونية الكلاسيكية ، قد وجد أنها أصبحت غير هيولية حينما أعطيت خواص كمية . وعند هذه النقطة ينقسم الخبراء حول امكانية وجود نظم هيولية كمية ، ومعنية علاماتها أن كان لها وجود . ودعم أهمية الموضوع بالنسبة للفيزياء الذرية والجزيئية . فانه قليل الأثر على المستوى المرئي ، تاهيك عن الكون بأسره .

ما الذي نستخلصه من الصورة النيوتونية - اللاابلاسية للكون كساعة منضبطة ؟ أن العالم الفيزيقي يتوى على العديد من انظم الهيولية وغير الهيولية . فالطقس بطبيعته ، كما قلنا ، لا يمكن التنبؤ به إلى أقل التفاصيل . ولكن تتابع الفصول منضبط كالساعة بالفعل . فتلذ النظم التي تنصف بالهيولية غير خاضعة للتنبؤ بصورة كبيرة . وأن نظاما واحدا منها ليستهلك قدرة الكون كله في حساب مسلكه . والبادئ إذن أن الكون غير قادر على حساب المستقبل لجزء ضئيل منه ، فما بالك به بأكمله ؟

وما من شك في أن هناك استخلاصا والمأوان هذا يعني أنه حتى لو تقبلنا وصف الكون على أنه محدد تحديدا قاطعا ، فإن مستقبله من وجهة نظر معينة يكون « مفتوحا » . ولقد اعتمد البعض على هذه الافتتاحية ليؤكد الحرية الشخصية للإنسان . ويدعي البعض الآخر بأنها تسبغ على الطبيعة عنصرا من الإبداع ، من القدرة على توليد ما هو مستحدث بمعنى الكلمة . شيء لم يكن متضمنا في الحالات السابقة للكون . ومهما كانت قيمة هذا الادعاء ، فانه من الأسوأ أن تستخلص من دراسة الهيولية أن

مستقبل الكون ليس محدداً كتحديدنا قاطعاً • وباستخدام عبارة بريجوجينيه
ان الفصل الأخير للكون العظيم لم يحن موعد كتابته بعد •

استيعاب التفكير

ان النجاح الفتحل لبساطة المبادئ والقواعد الرياضية في تفسيرها
لأجزاء كبيرة من الطبيعة هو شيء غير ملموس في الممارسة اليومية • كما
لم يكن واضحاً لأجدادنا أن العالم يسير على مثل هذه الخطوط البسيطة •
ففي النظرة الماهرة تبدو الطبيعة معقدة وغير مفهومة بالمرّة • فالقليل من
الظواهر الطبيعية هي التي تتم صراحة عن دقة بالقوة تفسير إلى النظام
المستتر • ونحن يسمو أطراد أو تناغم • فإنه يكون عادة على صورة من
التقريب • ويؤكد الواقع انه للكون عدة فئسك قعما الانعريف ومفكرو
الكون الوسطي في التعرف الا على التزرد اليسير (كتنابع الليل والنهار
مثلا) من النظام الرياضي في الطبيعة •

ويمكن توضيح الموقف بضرب مثال السقوط الحر للأجسام • فقد
لاحظ جاليليو أن كل الأجسام تتسارع بنفس المعدل تحت تأثير جاذبية
الأرض • ولم يكن أحد قد أدرك ذلك من قبل • لأنه في الحياة اليومية
لا يبدو ذلك صحيحاً • فكلنا يعرف بوضوح أن المطرقة تهبط أسرع من
ريشة طير • وقد بدت عبقرية جاليليو في ملاحظة ان الفرق هو أمر
عارض • (في حالتنا هذه بسبب مقاومة الهواء) • ودخل على العامل
الأساسي (الجاذبية الأرضية) • وبذلك استطاع أن يستخلص من التفكير
المبدئي في الحياة اليومية بساطة قانون مثالي للجاذبية •

وتأخذ أعمال جاليليو ونيرتن في القرن السابع عشر عادة كمؤشر
لبداية العلم الحديث • فنجاح العلم يرجع بصورة أساسية إلى قوة
التحليل الذي أجراه جاليليو • لقدرة على عزل النظام الفيزيقي عن الكون
المعيط • والتركيز على الظاهرة محل البحث • وفي مثال السقوط الحر
قد يتطلب العزل مثلاً إجراء التجربة في الفراغ • ولم يكن لأحد أن ينجح له
مشاهدة مثل هذه التجربة إلا أن يعمش حين تقلب سفينة الفضاء

« أبولو » المرققة والريشة بالفلل والسكتتها على سطح القمر الخال من الهواء .

ولكن نجاح مثل هذا التحليل هو أمر في حد ذاته محير ، فالمالم أولا وأخيرا هو كل متكامل ، فكيف يمكن فهم جزء منه دون فهم البقية ؟ نعم ، كيف يمكن لنا فهم الكثير ، دون فهم الكل ؟

لو إن الكون كان من قبيل « الكل أو لا شيء » ، لما كان هناك علم ولا فهم . فليس بإمكاننا أن نستوعب كافة قوانين الطبيعة في قضية واحدة . ومع ذلك ، وعلى الرغم من الاعتقاد الشائع بين العلماء هذه الأيام أن كل القوانين سوف تتكامل في كل واحد ، فإننا قادرون على التقدم خطوة تلو الأخرى ، واضعين أشلاء الصورة قطعة بعد قطعة . دون أن نحتاج إلى العلم مسبقا ، بشكلها النهائي . ولقد حدث ذلك خلال القرون الثلاثة والنصف الماضية من الكفاح العلمي . وهو يحدث على المستوى الشخصي الآن ، مع كل من يعد ليكون عالما ، فيقضي خمس عشرة سنة من الدراسة . فلكي تكون عالما ، ليس عليك أن تتجرع كل العلم الحديث دفعة واحدة .

واحد أسباب نجاح أسلوب الخطوة خطوة هو أن العديد من النظم الفيزيائية هي نظم خطية . والنظم الخطية ببساطة هي النظم التي فيها الكل يساوى مجموع الأجزاء (لا أكثر ولا أقل) ، والتأثير الكلي هو حاصل مجموع التأثيرات الجزئية .

والتمييز بين النظم الخطية وغير الخطية يمكن تشبيهه بمثال اسفنجية جافة تمتص الماء . فمع كل قطرة تمتصها يزداد وزنها ، هذه الزيادة تكون في البداية طردية الملائمة ، إذا زاد عدد القطرات للضغف كانت الزيادة المتناسبة للوزن هي الضغف . وهذه هي الملائمة الخطية . ولكن مع زيادة رطوبة الاسفنجية تبدأ في التشبع بالماء ، وتقل مقدرتها على الامتصاص . وتكون زيادة الوزن مع القطرات غير خطية . أي تقل في معدلها مع نفس الزيادة في كمية الماء المتساقط عليها . وفي النهاية يثبت الوزن عند التشبع الكامل ، ويصبح غير معتمد على قطرات الماء ، لأن الماء

- المسائط سوف يقابله مقدار متساو تقريبا من الماء المتسرب من الإسفنجية .
ويمثل الشكل (٥) هذه العلاقة .



الشكل (٥) : العلاقة بين وزن الإسفنجية جافة - يزايد وزنها خربيا مع الماء الممتص عليها .
جوسبر الخطى المنحرف من العلاقة بين الوزن وعدد نقاط الماء في خط مستقيم صاعد .
وعندما نأخذ الإسفنجية في التوسع بالماء ، نأخذ فاعليتها كمتناسبه ، فلا يزيد الوزن كثيرا
مع عدد نقاط الماء ، وهذه المنحرف الكامل يثبت وزن الإسفنجية مهما كانت الماء عليها ،
ويأخذ الخط المنحرف من العلاقة وشما كلها .

والنظم الخطية المنحرفة ، كموجات الراديو حين تختلط بالموجات
الصوتية (١) ، يمكن فصل مكوناتها (في هذه الحالة الموجات المختلفة)
بحيث نأخذ من أصلها دون أى تشويه ، فالتشكل المنحرف للموجة ما هو
إلا مجموعة من الموجات البسيطة المختلطة . وإن مدلول عملية التحليل
ذاتها يعتمد على الخاصية الخطية ، ففهم الأجزاء المتصلة يؤدي إلى فهم
المجموع . هذه القدرة على تحليل النظم الخطية دون الساعدا يتمكن
على الرياضيات التي تصف النظام . فالتحليل الرياضي الخطى يمكن تبينه
بسهولة. لأن التعبير الرياضي المنحرف يمكن أن يحلل إلى مجموعة من المتغيرات
البسيطة .

- المسائط سوف يقابله مقدار متساو تقريبا من الماء المتسرب من الإسفنجية .
ويمثل الشكل (٥) هذه العلاقة .



الشكل (٥) : العلاقة بين وزن الإسفنجية جافة - يزايد وزنها خربيا مع الماء الممتص عليها .
جوسبر الخطي المنحني من العلاقة بين الوزن وعدد نقاط الماء في خط مستقيم صاعد .
وعندما نأخذ الإسفنجية في التشبع بالماء ، نأخذ فاعليتها كمتناسبه ، فلا يزيد الوزن كثيرا
مع عدد نقاط الماء ، وهذه المنحني التكاملي يثبت وزن الإسفنجية مهما كانت الماء عليها ،
ويأخذ الخط المنحني من العلاقة وشعاعا لها .

والنظم الخطية . المنقطة ، كموجات الراديو حين تختلط بالموجات
الصوتية (١) ، يمكن فصل مكوناتها (في هذه الحالة الموجات المختلفة)
بحيث نأخذ من أصلها دون أي تشويه ، فالتشكيل المنقطة للموجة ما هو
إلا مجموعة من الموجات البسيطة المختلطة . وإن مدلول عملية التحليل
ذاتها يعتمد على الخاصية الخطية ، ففهم الأجزاء المتصلة يؤدي إلى فهم
المجموع . هذه القدرة على تحليل النظم الخطية دون الساعدا يتمكنس
على الرياضيات التي تصف النظام . فالتحليل الرياضي الخطي يمكن تبينه
بسهولة . لأن التعبير الرياضي المنقطة يمكن أن يطل إلى مجموعة من التعابير
البسيطة .

ولقد أدى نجاح التحليل الخلوي في القرون السابقة إلى إخفاء حقيقة أن النظم الواقعية تميل إلى اللاخطية عند مستوى معين . وحتى تكون اللاخطية مهمة ، لن يتاح التحليل ، لأن الكل سيكون أكبر من مجموع الأجزاء . والنظم الخطية يمكن أن تضم العديد من التصرفات المعقدة ، وأن تقوم بها هو غير متوقع ، كأن تتحول مثلا إلى الهولوية . فبدون اللاخطية لن يكون هناك هوليوية ، حيث لن يكون هناك أي حيود عن نماذج السلوك المقترضة ، وهو ما يعتمد عليه عدم اليقين في الطبيعة .

وبصورة عامة ، يجب فهم النظام اللاخطي إلى نهايته ، وهو ما يعني عمليا الأخذ في الاعتبار العديد من المحددات والشروط المحيطية والأوضاع الاجتماعية . كل ذلك يؤخذ في الاعتبار في النظم الخطية أيضا ، ولكن بصفة عرضية . أما في النظم غير الخطية فهي أساسية بصورة جذرية لهم ما يجري .

ولقد رأينا مثلا لذلك في القسم السابق . فالعامل المحدد لكون حركة البندول هوليوية أم لا متعلق بتردد القوة الخارجية وعلاقته بطول البندول ، فالنظام ككل يجب أن يؤخذ في الحسبان قبل التنبؤ ببنية الهوليوية . وهناك العديد من الأمثلة على ما يسمى « الطبيعة الكلية holistic character » للنظم غير خطية . ومن ذلك ظاهرة التنظيم الذاتي ، مثل المخطوطات الكيميائية التي تتخذ أشكالا أو تنبض بالوان في شكل تماواني . وما نريد أن نؤكد عليه هو أن فهم الفيزياء المحلية (كالقوى بين الجزيئات) قد يكون ضروريا لهم ما يحدث ، ولكنه بالتأكيد غير كاف لتفسير الظاهرة تماما .

وتضفي اللاخطية على النظم مكنات لكي تفعل أفعاله غير متوقعة ، وأحيانا كما لو كانت بها حياة - فهي قد تتصرف في تماوان ، أو تشكيل ذاتيا مع البيئة ، أو ببساطة تعيد تنظيم نفسها في كينونات متآزرة ذات هويات محدثة . لقد أصبح البون شاسعا بيننا وبين المادة التي وصلها نيوتن بالخمول . وكتصوير لذلك نأخذ مثلا هو من أهم الأمثلة على تحرر المادة ، ألا وهو الموجات غير الخطية .

موجات ذات امالة حرة (٢)

في عام ١٨٢٤ كان مهندس يدعى جون سكوت راسل John Scott Russell ، منتظيا جواده بالقرب من أدنبره حينما مر بقارب يجره حصانان في نهر ضحل - وتوقف القارب فجأة ، محدثا اضطرابا شديدا في الماء - وكم كانت دهشة راسل حين وجد كمية من الماء ترتفع ثم - كما كتب عن الظاهرة التي ادعته : « تنسرح بسرعة بالغة على سطح الماء ، على شكل كومة ثامة الاستدارة ، متقلبة دون تغيير في شكلها أو سرعتها » - وانطلق راسل متتبعا هذه الظاهرة المائية العجيبة لمسافة ميلين ، الى ان فقدتها في تفرجات النهر .

كلنا نعرف الموجات في الماء ، ولكن ما شاهدته راسل كان شيئا غير عادي تماما . فالا ما أسقطنا حجرا في بحيرة فان الموجات تنتشر على سطحها حتى تتلاشى تدريجيا - وعلى خلاف هذه الموجات التي هي تتابع من قسم وقبضان ، شاهد راسل « كومة » من الماء ، ذات قمة وحيدة ، تنطلق على سطح الماء محتلفة بكيانها - مثل هذه الموجة « الوحيدة » هي بلا جدال حادثة فريدة - وقد عاد راسل للموضع لدراسة الظاهرة ، وكتب عنها تقريرا الى الجمعية الملكية بأدنبرة .

ولكن تفسيرا مقننا لهذه الموجات الوحيدة لم يظهر الا عام ١٨٩٥ على يد هانين دانيباركين هيا كورتويج D. J. Korteweg ، وهندريك دي فريز Hendrik de Vries . وتجد نظريتهم تطبيقات في الفروع عديدة من العلم ، من الجسيمات الأولية الى البيولوجيا .

ولفهم النظرية ، من الضروري ان نعرف شيئا عن الموجات العادية . فالاضطرابات المتتالية التي تحدث مثلا من القاء حجر في بحيرة ساكنة ، هي سلسلة من التموجات مكونة في الواقع من عدة موجات مترابطة ، ومختلفة في السعة (أقصى ارتفاع تصل اليه قمة الموجة) وطول الموجة (المسافة بين قمتين متتاليتين) - ومن هذا الخليط من الموجات يكون الشكل النهائي للاضطراب .

موجات ذات امالة حرة (٢)

في عام ١٨٢٤ كان مهندس يدعى جون سكوت راسل John Scott Russell ، منتظيا جواده بالقرب من أدنبره حينما مر بقارب يجره حصانان في نهر ضحل - وتوقف القارب فجأة ، محدثا اضطرابا شديدا في الماء - وكم كانت دهشة راسل حين وجد كمية من الماء ترتفع ثم - كما كتب عن الظاهرة التي ادعته : « تنسرح بسرعة بالغة على سطح الماء ، على شكل كومة ثامة الاستدارة ، متقلبة دون تغيير في شكلها أو سرعتها » - وانطلق راسل متتبعا هذه الظاهرة المائية العجيبة لمسافة ميلين ، الى ان فقدتها في تفرجات النهر .

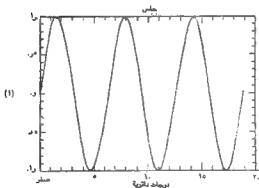
كلنا نعرف الموجات في الماء ، ولكن ما شاهدته راسل كان شيئا غير عادي تماما . فالا ما أسقطنا حجرا في بحيرة فان الموجات تنتشر على سطحها حتى تتلاشى تدريجيا - وعلى خلاف هذه الموجات التي هي تتابع من قسم وقبضان ، شاهد راسل « كومة » من الماء ، ذات قمة وحيدة ، تنطلق على سطح الماء محتلفة بكيانها - مثل هذه الموجة « الوحيدة » هي بلا جدال حادثة فريدة - وقد عاد راسل للموضع لدراسة الظاهرة ، وكتب عنها تقريرا الى الجمعية الملكية بأدنبرة .

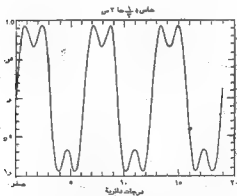
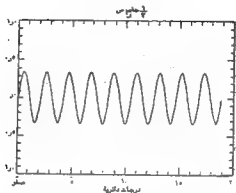
ولكن تفسيرا مقننا لهذه الموجات الوحيدة لم يظهر الا عام ١٨٩٥ على يد هانين دانيباركين هيا كورتويج D. J. Korteweg ، وهندريك دي فريز Hendrik de Vries . وتجد نظريتهم تطبيقات في الفروع عديدة من العلم ، من الجسيمات الأولية الى البيولوجيا .

ولفهم النظرية ، من الضروري ان نعرف شيئا عن الموجات العادية . فالاضطرابات المتتالية التي تحدث مثلا من القاء حجر في بحيرة ساكنة ، هي سلسلة من التموجات مكونة في الواقع من عدة موجات مترابكة ، ومختلفة في السعة (أقصى ارتفاع تصل اليه قمة الموجة) وطول الموجة (المسافة بين قمتين متتاليتين) . ومن هذا الخليط من الموجات يكون الشكل النهائي للاضطراب .

ومع انتشار الموجات ، ولكون الموجات ذات الأطوال الأكبر تنتشر أسرع من قصيرة الأطوال ، فإن الاضطراب الكلي سرعان ما يلى ، وهو ما يطلق عليه « التشتت *dispersion* » .

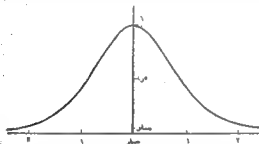
وحتى يمكن لموجة منفردة أن تتكون ، لايد من عامل يؤد شدة الفشتت ، هذا العامل الجديد هو مثال للاضطية - فالتسويات المتتامة هى مثال للموجات الخطية ، طبقا للطريقة التى تتراكب بها ، والتى تجمع سماتها جعما عاديا - (الأشكال ٤ ، ٥ ، ٦) - ولتنطبق ذلك يجب أن تكون سرعة الانتشار ، وهى التى تعتمد بطبيعتها على طول الموجة ، غير معتمدة على السعة - ولقد بين بحث العالمين أن الموجات تكون خطية فى حالة كون سعة الموجات قليلة بالنسبة لعمق الماء ، فإذا كان الماء ضحلا ، فإن السرعة ستعتمد على كل من الطول والسعة فى نفس الوقت .





الشكل (٦) : الموجات الضوئية يمكن أن تتراكب بخاصية التداخل مما يخلق كل
 نقطة - فالوجة (١) تتراكب مع الوجة (ب) لتنتج الوجة (ج) - أما الوجة غير
 الضوئية فالتراكب يتم بصورة أكثر تعقيدا -

ويمكن في حالات الموجات الضحلة اللاخطية أن تتحقق حالة فريدة، تتراكب فيها الموجات ذات السمات والأطوال المختلفة بالصورة اللازمة بالضبط لجعل تأثير غير خطية يعادل بالضبط تأثير التبديد . ونتيجة الموجة المفردة التي شاهدها راسل بالفعل (الشكل ٧) . في هذه الحالة ستكون كافة الموجات المكونة للموجة الكلية منتشرة بنفس السرعة ، لذا الموجات التي لا تفي بهذا الشرط فإنها سرعان ما تنثشت .



الشكل (٧) : منحنى « السواقي » . حل معادلة كورتيج ودي فريدز ، وهي الموجة وحيدة القمة التي شاهدها راسل .

ووضع كورتيج ودي فريز معادلة لوصف مثل هذه الموجات الفريدة، وبينت المعادلة أن سرعة انتشارها تزداد بزيادة ارتفاع قممها . ولم يكن لا يجازعها هذا من قيمة سوى تفسير الظاهرة التي شاهدها راسل . ولم يترك الموضوع بعد ذلك لسبعين عاماً . ليس فقط لعدم أهمية الموضوع من الناحية العملية ، بل أيضاً لصعوبة التعامل مع رياضيات اللاخطية .

ولا أن التقدم في الحاسبات غير من المواقف ، حيث أمكن بمحوها إجراء الدراسات على الظواهر اللاخطية ، فحسم في الستينات نموذج حاسوبي لتمثيل الموجات المفردة واستكمال دراستها . وفي عام ١٩٦٥ قام مارتين كرسكال Martin Krukal بدراسة تأثير تصادم موجتين منفردتين

أن تتزوج وأن تتحرك في تنظيم معين في غيبة « الفوضى » الحرارية ، ولكنه لوحت أن بعض الخزفيات ، وهي غير موصلة للكهرباء أصلاً ، تتحول إلى مواد فائقة التوصيل عند درجات أعلى من هذه الدرجة ، لدرجة أن البعض يتوقع إمكانية حدوث ذلك عند درجات الحرارة المعتادة . وليس خافياً الأثر الخطير لذلك على تطور التكنولوجيا . ولكن كيف يمكن تفسير هذه الظاهرة ؟

وهم أن الفوضى لا يزال محيطاً بهذه الظاهرة للتوصيل الفائق ، إلا أن النظريات تتوقع أن تصطب ظاهرة الموجات المنفردة دوراً أساسياً في هذا المجال . فقد شوهدت مثل هذه الموجات بالفعل في بعض الأجهزة الإلكترونية. مثل ما يسمى موصلة جوزيفسون Josephson junction (١) ، حيث تحصل مادة عازلة رقيقة بين جانبيين من مادة فائقة التوصيل . وفي هذا التشكيل يتلاصق تدفق الطاقة الكهربائية في حزم مستقلة ، على صورة موجات منفردة من طاقة المجال الكهناطيسي يطلق عليها « فلكسون fluxons » . تتحرك تحت ما يسمى « تأثير النفق tunnel effect » وهي ظاهرة مرتبطة بالفيزياء الكمية . ويأمل الباحثون أن تكون هذه الموجات هي التي تخزن المعلومات في الحاسبات الفائقة السرعة في المستقبل .

كما يتوقعون أن تفسر الموجات المنفردة ظاهرة التوصيل الفائق للمواد الخزفية في درجات الحرارة العالية . فبالإضافة لفلكسون ، هناك ما يطلق عليه « بولارون polaron » ، وهي موجة منفردة من الشحنة الكهربائية . فحينما يتحرك الكترون داخل بلورة ، فإنه يشوه قليلاً من تكوينها البلوري . بسبب تفاعل مجاله الكهربائي مع الشحنات الكهربائية للذرات البلورية . وفي حالات التشوهات البسيطة ، فإن النظام يكون خطياً ، بمعنى أن القوى الناشئة عن التفاعل المذكور تكون متناسبة . ولكن هذه التشوهات قد تكون كبيرة في بعض المواد ، الأمر الذي يجعل حركة الالكترونات ليست في تناسب بسيط مع ما حولها من قوى ، وتظهر اللاحظية خطيرة الأثر ، فائقة المجال لتكون الموجات المنفردة

المذكورة ، وهي التي يتوقع أن تكون تفسيراً لظاهرة التوضيل الغامض في المواد الخزفية .

التي والانتواء

تتميز الموجات المتفرقة بسطوعتها على البقاء ، إلا أنها تختلف في هذا المصباح ، فما تولد منها في الماء مثلا يمكن تمعيده بوسيلة أو بأخرى ، كاحداث اضطراب في الماء ، هل أنه يوجد نوع من الموجات المتفرقة وجد لبقي ، فهو لا يقبل التعمير على الإطلاق .

ولهم التمييز بين النوعين ، نضيف شريطا طويلا من مادة مرنة ، ملونا في أحد جوانبه باللون الأحمر ، والآخر باللون الأزرق ، يمكن توليد طاقة من مثل هذا الشريط ، بما له من مرونة ، وذلك عن طريق مطه لأعلى (الشكل ٨ - أ) ، وتنتقل تلك الطاقة في شكل موجات عبر الشريط ، فإذا ما كانت المرونة غير خطية ، يمكن توليد موجات متفرقة تتركز فيها تلك الطاقة ، هذه الموجات تكون قابلة للفناء ، حيث أن الشريط ماله العودة لشكله الأصلي .

إلا أن توليد طاقة المرونة قد يكون على الشريط ، كما هو مبين (بالشكل ٨ - ب) ، في هذه الحالة لن يمكن تعمير الموجة الحاملة للطاقة المركزة ، طالما أن الانتواء موجود ، على أن هناك احتمالا أن تقابل هذه الموجة موجة مضادة، تكونت من التواء في الاتجاه المضاد (الشكل ٨ - ج) ، وهنا نقضي الموجتان ، ويمكن تشبيه الوضع بتلاقي جسيم مع مضاده ، حيث يفنيان ويطلقان ما بهما من طاقة .

ودراسة الانتواء هو فرع من العلوم يسمى « الطوبولوجيا » topology وهو علم دراسة الأسطح عامة ، وما يمكن أن يجرى عليها من التواءات أو عقد ، أو وحسل بعضها ببسطة ، إن لم يكن في الواقع فمن طريق التشكيل ، ومن مبادئ هذا العلم أن التشكيل السطحي لا يتأثر بمجرد الخط أو التي ، إذ يمثل السطح ، من وجهة نظره ، هو نفسه لم يتغير .

والطريقة الوحيدة لتغيير السطح هي بقصه ولفه بسطح آخر . وفي حالة شريط لامتناهي الطول (وهو في الواقع شريط تكون الموجات المنحرفة في الأشرطة) ، فلن يمكن فك عقده أو التواءاته ، وبالتالي فإن موجة منفردة متولدة فيه ستظل باقية للأبد .



الشكل (٨) : مناطق الطاقة المتركزة للموجة . سواطين . يمكن أن تنتج بطريقتين : من شريط من ، الجانب لأعلى ، أو يلقى . وهي في العمليتين تنتشر في الطريقة ، ولكنها في الحالة الأولى (١) تترك الزوال ، بينما في الحالة الثانية (٢) لا تغطي طائلا غير طام . ما لم تصادها منطقة في مضادة (الحالة ٣) .

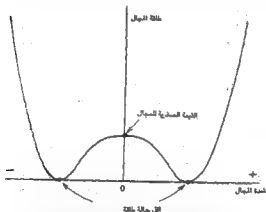
مثل هذه الموجات تظهر في العديد من الأشكال ، فالموجات المنحرفة المتكونة في البلورات تظل باقية لا تفنى ، وكذا المتكونة في حالة التوصيل الفائق . وفي من هذا التحويل يفسر ظاهرة الأوتار الفائقة ، وهي ما سنتناوله في الفصل السادس .

ولعل أكثر مجالات الموجات المنحرفة الطوبولوجية هو مجال الجسيمات دون الذرية . هنا تظهر مثل هذه الموجات كاستثناءات في المجال ، وليس في وسط عادي . فعندما يكون مجال في أدنى مستوى من طاقته ، يكون منتظما . وتترك الاستثناءات حينما يخلف بهذا الانتظام لسبب أو آخر . وفي حالة المجالات غير الخطية ، فإن حالة الطاقة الأدنى قد لا تكون من حالة المجال الصغرى ، أو بمعنى آخر ، فإن أقل قيمة لطاقته تحدث في حالة من حالات وجوده ، وليس حينما يكون صفرا . وسبب ذلك هو تأثير

للمجال على نفسه ، بما يقلل من طاقته في بعض حالاته ، في هذه الحالة يظل المجال منتظما ، ولكن لن تكون له قيمة صغرى .

وهناك حالة أخرى محتملة ، وهي وجود أكثر من قيمة للمجال ، بالضغط كما في حالة الشريط الذي له وجهان ، ويقابل الرجحان هنا أن تكون للمجال قيمة موجبة وأخرى سالبة .

ويبين الشكل (٩) توزيع الطاقة لمجال غير خطي نمطي . نعلم أن المنطقة الصغرى للمجال ، توجد طاقة تنسب كمية تل بين ولديين . كل واحد يساوي إحدى التيم الدنيا لحالات الطاقة للمجال ، أحيانا عند قيمة موجبة له والأخرى عند قيمة سالبة ، فإذا كان المجال له قيمة موجبة



الشكل (٩) منطقي الطاقة بين الطاقة وشدة المجال لمجال غير خطي نمطي بينما في حالات الجسيمات دون الذرية - طاقة المجال الصغرى لا تكون الطاقة فيها صفرا (حالة التل) . كما توجد حالتان في حالة المجال الصغرى ، واحدة موجبة والأخرى سالبة ، وهاتان وجهان للفرد في الشكل (١٠) .

في موضع من الفراغ ، وأخرى سائلة في موضع مقابل ، فإن قيمته يصب
أن تساوى صفرا فيما بينهما ، وهنا لابد من وسيلة تركز فيها طاقته
الصغرية ، ويكون ذلك عن طريق موجة منفردة ، وهي تظل حبيسة بين
الواديين ، ومن ثم لا تفنى (إلا إذا صادفتها موجة منفردة مضادة طبعا) .

والتعامل مع الشرائط ليس كاملا ، حيث أن الموجات تنتقل عبرها
في اتجاه واحد فقط ، أما المجالات فهي ممتدة في الأبعاد الثلاثة للفراغ .
ودراسة تكون الموجات المنفردة في هذه الأحوال غاية في التعقيد ، ولكن
البدء هو نفسه ، تتركز الطاقة في مثل هذه الموجات ، وتنتشر حبيسة
التشكيلات الطبولوجية دون أن تفنى .

ويعتقد الكثيرون من المنظرين أن الموجات المنفردة يمكن أن تكشف عن
نفسها على صورة جسيمات دون ذرية ، ذات خواص مميزة وغريبة ، وفي
الواقع ، فإن الجسيمات المألوفة لنا كالبروتون والنيوترون وغيرها يمكن
أن تعتبر ، من وجهة نظر معينة ، كموجات منفردة لمجالات معينة . أما
الموجات الجديدة فهي التي لها خواص مميزة ، ومن قبيل ذلك ما اكتشفه
(رياغيا) جيرارد تهورف Gerard t'Hooft والكسندر بوليغوف
Alexander Polykov عام ١٩٧٠ ، كانا يدرسان نوعا جديدا من المجالات
دون اللرية ، يظن أنه مستول عن القوة النووية القوية (٥) ، فاكشفا
أن لهذا المجال أكثر من حالة للطاقة الدنيا ، يمكن بينها أن ، يلتوى
المجال ، وفي أحد هذه التشكيلات كانت الموجة المنفردة المأدلة أشبه
بـ « شحنة » مغناطيسية منفردة ، وكافة المغناطيسات المصروفة لها
قطبان ، موجب وسالب ، ولم تكشف الأبحاث بعد عن وجود مثل ذلك
القطب المغناطيسي المنفرد .

وقد امتدت أبحاث الموجات المنفردة مؤخرا لتكون في الأبعاد الأربعة.
بإدخال الزمن كمعصر في وجودها ، بحيث تكون ذات وجود عابر ، مثل
هذه الموجات المنفردة اللنطية « Instantons » كما أطلق عليها ، يمكن أن
تلمب دورا خطيرا في العالم دون اللرى ، وذلك لكونها تسمح بتحويلات

بين تشكيلات المجالات بصورة لم يكن يتلخس أنه صيغ بها من قبل . وفي عبارة عامة ، يمكن لجمال أن يتغير من تشكيلة إلى أخرى بالي .

إن دراسة المواضيع المتعلقة بالفيزياء والطبولوجية ، لتجد مجالات في العديد من أفرع العلم . من البيولوجيا إلى الفلك . ويستفاد حاليا أنه في المرحلة المبكرة من عمر الكون . مرحلة الانفجار العظيم ، كانت المجالات غير الخطية مسيطرة على المسلمات الفيزيائية . وقد تكون قد خلقت تشكيلات طبولوجية لا تزال باقية لن يوم ، من ذلك الكينونات خطية الشكل التي أصبحت تعرف باسم الأوتار الفائقة . التي سنعرض لها في الفصل السادس .

ولقد تطورت أبحاث اللاخطية في السنوات الأخيرة تطورا كبيرا . بفضل الحاسبات الفائقة السرعة . هذه الأبحاث المتزايدة لتنظم غير الخطية تحول التركيز عن المادة الصماء الخاملة ، إلى نظم ذات عناصر من المعوية والإدعاش . إن القاموس الميكانيكي القديم للعلم يتلاشى ليفسح مجالا للغة أقرب للغة البيولوجيا منها للفيزياء . التكيف ، المتأزر ، التنظيم ، الخ . وفي كثير من الحالات تظهر نفس الظاهرة في نظم غير مادية بالمرءة . كشبكات الحاسبات والنماذج الاقتصادية . وعلى ذلك فمع استفاد التشبيه بالماكينة ، ذوت العلاقة بمادية نيوتن . ومع التوسع في الدراسات اللاخطية يتزايد معدل فناء النمط النيوتوني للتفكير ، كأساس لهمم الخطية .

ومع ذلك ، وعلى الرغم من هذه النكبة يمد - النيوتونية من المتطور . فإن الكثير من الأبحاث اللاخطية تحتفظ بفكرة نيوتن عن الفراغ والزمن . ومع التركيز على دراسة النظم بدلا من الآلات ، فإن النظم ينظر إليها كحتملة لفراغ وزمن مطلقي . ولكننا نعرف منذ قرن تقريبا أن هذين المنصرين لمادية نيوتن يجب أن يتخلص منهما . مما يستتبع نتائج لا تقل بها . مما قلناه .

مواضع الفصل الثاني

(١) التعبير الفني لفظ الموجات = modulation * ، والترجم في بعض
الكتابات = التضمين ، والمضغ = إعادة التضمين demodulation * . (الترجم)

(٢) التسمية هذا القسم تعرض المصطلحات التالية :

موجة wave ، موجة ripple ، موجات undulations ، اضطرابات
disturbances ، تردد (عدد الموجات في الثانية ، ووحدةها هيرتز ، أو مضاعفاته ،
مثلا ميجاهيرتز) frequency ، طول الموجة (المسافة بين قمتين أو قاعين للموجة)
wave length ، سعة الموجة (التي ارتفاع للموجة) amplitude ، حراكها
superimposed = (الترجم) :

(٣) الفرات في حالتها المائية ، أو مزروع عليها الالكترونيات ، وهي ما تسمى أميالا
بالمسورة الدراسة للمادة = (الترجم) *

(٤) نسبة إلى هيرمان دافيد جوزيفسون ، حاز على جائزة نوبل عام ١٩٧٢ =

(الترجم) *

(٥) القوة المسببة عن تراكب الليزر والفرات داخل الفرة ، لها القوة النووية الضعيفة

هي المسببة عن ظاهرة الانعكاس النووي = (الترجم) *

الفصل الثالث

الحاضر العجيب

علمنا آينشتاين أن المكان والزمان ليسا كما نَحسُّ بأحاسيسنا النظرية . بداية ، يجب أن ينظر اليهما كواجهتين لكل أكبر ، ألا وهو الزمكان *spacetime* . ومن وجهة النظر الأكثر شمولية للنظرية النسبية، فمفاهيم كالطول والكتلة والفترة الزمنية يجب أن تأخذ منظورا أرحب مما هي عليه لدى الحقيقة الجامدة لحياتنا اليومية . حتى فكرة « التوالت *simultaneity* » ومفهوم « الآن » ، يأخذان خاصية مراوغة تجري على عكس ما اعتدنا بفكرتنا . إن ما تأخذه النظرية النسبية بيد ، تعيده باليد الأخرى على صورة مفاهيم وتوابع أساسية أكثر حذافة .

جبهة الفضاء *The arena of space*

يعتبر أغلب الناس الفضاء قضية مسلما بها . أنه جزء من خبراتنا اليومية لا يكاد يحتاج للتساؤل عنه ، فكيف يمكن للفضاء أن يكون خلاف ما تعودناه عليه ؟ إن الشك لا يبدأ في التسلسل لنا إلا حتى نواجه بسؤال من قبيل : هل هو ممتد إل ما لا نهاية ؟ هل وجد قبل وجود الكون ؟ عند هذه النقطة يتور سؤال آخر : من أين تولدت فينا تلك النظرة البديهية للفضاء بأدنى ذي بدء ؟

يعود المؤرخون بفهم الفضاء كديهيّة إلى الإغريق ، حين ربط ربطا وثيقا بتطور الهندسة ، والتي حظيت بأكثر صور الصياغة انضباطا ، وازدهرت على يد أقليدس .

وحتى يضع علماء الهندسة نظرياتهم ، أدخلوا مفاهيم مثالية كالخطوط المتوازية ، عرفت على أنها تمتد الى ما لا نهاية دون أن تتلاشى . وكان وجود مثل هذه الخطوط مطلوباً لكي يمكن المنظرين من اثبات نظرياتهم ، وهي تتطلب ، ضمنياً ، وجود « لا نهاية » يمكن للخطوط ، من الناحية النظرية ، أن تمتد إليها . وهذه الأفكار ليس منها ضرر ، طالما أنها ظلت في حيز التجريد . ولكن المشاكل تنور حين يبدأ التعرف على الفضاء بالمفهوم الفيزيائي ، أي في العالم الواقعي ، من خلال المفهوم الهندسي . وأول محاولة من هذا القبيل كانت على يد صاحب فكرة الذرة ، قبل زمن من وقت الفيلسوف - والذي - كما ذكرنا في الفصل الأول - ذهب الى أن الكون مكون من شيتين لا ثالث لهما : الجسيمات غير القابلة للتجزئة (الذرات) ، والفراغ Void اللانهائي . ونظر الى الفراغ على أنه الساحة التي فيها تتحرك الذرات ، وتلعب فيها الدراما الخاصة بها .

عنه الصورة قديمة جداً لنظرية الناس الفطرية للفضاء اليوم . ودخلت فكرة الفراغ اللانهائي في تعارض مباشر مع علم الفلك الاثري ، والذي ذهب الى أن الكون محدود وكروي ، فيه الكرة الأرضية مركز لكرات تدور حولها . وكان السؤال حول ماذا يوجد خارج الكرة الخارجية معبراً للنهاية . وحاول أرسطو ، في القرن الرابع قبل الميلاد ، تحاشي هذا السؤال بإدخال تعريف غريب للفضاء ، مؤكداً أن الكرة الخارجية ليست محتواة في أي شيء ، فهي تحتوي ، ولكنها غير محتواة ، باختصار ، لا يوجد لها خارج .

وكان مؤيدو فكرة الفراغ يوابهون دائماً بالاحجية التالية : لنفرض أننا رحلنا الى أبعد نقطة في الكون ، ثم عدنا ذراعنا ، (أو قلنا برمجع ، طبقاً للتصوير المفضل لدى الشاعر ليوكريطس) ، ماذا سنلاقي ؟ أمزيد من الفراغ ؟ حائط صلب ؟ وماذا سيحدث للفراغ (أو الرمح) ، هل سننقو ؟ أم تتلاشى فجأة ؟

وظل التعارض مشتتاً لقرون ، الى عصر النهضة وبزوغ العلم الحديث . وتمت تأثير كوبرنيكس وجاليليو ونيوتن ، هجرت الفكرة القديمة عن الكرات المحدودة ، وأصبح مفهوم الفضاء اللامحدود المحتوي على النجوم والكواكب مقبولا . ولكن ظهرت عتبة جديدة ، فنيوتن تبني

تصور الفضاء بما هو أكثر من المفهوم الهندسي ، حيث انه كان مبنيا أساسا بالصيغ الرياضية لقوانين الحركة . ويتطلب هذا فراغا ذا خواص ميكانيكية أيضا .

فكان المطلق وقوانين الحركة

من أقدم المسائل في العلم والفلسفة التمييز بين الحركة المطلقة والنسبية . فمن التجارب المألوفة أنك تشعر بتحريك قطارك ، بينما في الواقع الذي تحرك هو قطار مجاور ، تحرك بسيط في اتجاه مضاد . أما لو كانت الحركة فجائية ، فإن هذا الخطأ لن يحدث ، بسبب تأثير ذلك على الجسم . فالتأثير في السرعة إذن ، هو ما نسميه « التسجيل » ، أو التسارع *acceleration* ، شيء خلاف السرعة المنتظمة .

وتضمن قوانين نيوتن الشهيرة ما نسميه اليوم مبدأ النسبية (١) ، والذي اكتشف بواسطة جاليليو من قبل . ومن الأفضل توضيح المبدأ من طريق مثال : تخيل أنك على متن طائرة تطير في حركة ثابتة من حيث الاتجاه والسرعة والارتفاع . لن يحدث في هذه الحالة أي إحساس بالحركة بأي شكل من الأشكال . وستشعر كافة الأنشطة ، كملء كوب من الشاي ، أو التجول داخل الممر ، بصورة طبيعية تماما . وتبعا لتفسير جاليليو ونيوتن ، فذلك بسبب أن الحركة المنتظمة في خط مستقيم هي حركة نسبية تماما . بمعنى أنها لا اعتبار لها إلا حين تنسب لشيء ما . وعلى ذلك ، فلفوك إن جسا ما له سرعة كذا لا معنى له ، إذ يجب أن تحدد بالنسبة لأي شيء . قيست السرعة- فحينما نقول ان سيارتنا منتظمة بسرعة ثلاثين ميلا في الساعة ، فإن ما نقصده أن هذه السرعة منسوبة للطريق . ويسمى التمييز عاما اذا - لا قدر الله - اصطفت السيارة بأخرى تسير بنفس السرعة ، وفي اتجاه مضاد . هنا تكون السرعة النسبية بين السيارتين ستين ميلا في الساعة، وليس ثلاثين- هذه هي السرعة التي يتسبب عنها الضجاء الحاصل . وعلى ذلك فملينا أن نتخلى عن فكرة السرعة خلال الفضاء ، حيث لا توجد علامات مميزة تنسب إليها سرعة الأرض مثلا . فليأسي سرعة الأرض يقتضي أن تحدد بالنسبة لأي شيء تكون السرعة ، هل بالنسبة للشمس ، أم للريخ ، أم مركز المجرة ؟ كما أنه ليس لنا أن نتصور وجود جسم في حالة ستكون مطلقا في الفضاء .

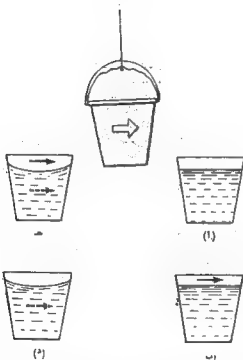
فالقصاص الغيالية. التي تبين أن العدو قد « توقف في الفضاء » تنسب إلى علم ما قبل عصر النهضة .

حركة منتظمة في خط مستقيم إذن لا يميز بين الحركة الحقيقية والظاهرية . ويختلف الأمر حينما نأتي إلى الحركة غير المنتظمة . فالأما تغيرت الطائفة من سرعتها أو اتجاهها . فإن أثر ذلك سيحس على شكل انحداف للأمام أو للخلف . بينما سيصعب القيام بنشاط ما .

وقد فسر نيوتن هذه الظاهرة بأنها بسبب « القصور » *inertia* . فمثل الرغم من أن الأجسام لا تقاوم الحركة المنتظمة . فإنها تقاوم التغير فيها . سواء كان تسارعا في نفس الاتجاه . أو تغييرا في الاتجاه . أو كليهما . فالأجسام تحاول الاستمرار في الحركة السابقة . في مواجهة التغير . ومن الأمثلة الهامة في هذا الخصوص . والتي أولاما نيوتن عناية خاصة . الحركة الدائرية . والتي تتولد فيها ما يعرف بالقوة الطاردة المركزية *centrifugal force* . هذه القوة يعرفها من ركب أرجوحة دوارة . أو سيارة انحرفت عن اتجاهها بسرعة .

هذا الخلاف بين الحركة المنتظمة والمتغيرة خلاف عميل . فبينما أن الحركة المنتظمة نسبية . فإن الحركة المتغيرة تبدو مطلقة . فالمرء يمكنه تمييزها بدون اللجوء لمرجع خارجي . فراكب الأرجوحة الدوارة يعلم أنه منحرف دون الاضطراب للنظر إلى الأرض . وأنه هو المتحرك وليس شيئاً آخر بالقرب منه . وقد توصل نيوتن إلى أن هذه الحركة التي لا تحتاج لمرجع خارجي يجب أن تنسب للفضاء ذاته . ووضع اصطلاح « الفضاء المطلق » *absolute space* . ناظرا إليه من منظور معين كمادة تحتوي كل الأشياء . ويدخله يمكن للأشياء أن تتسارع . وبناء على هذه النظرية . فإن رد فعل الفضاء هو الذي يسبب القصور الذاتي . والقوة الطاردة المركزية . بالضغط كما تسحب يدك في الماء .

ولتوضيح هذه الفكرة . تخيل نيوتن هذه التجربة : تخيل دلواً ممتلئاً بالماء . معلقاً من حبل طويل . وهب أن الحبل قد قُتل بقشة . ثم أطلق . فانتد الدلو في الدوران (الشكل ١٠) . يظل الماء في البداية غير متأثر . ثم يبدأ في الدوران أيضاً إلى أن يدور الدلو وفقاً بنفس السرعة . وحينما يدور الدلو . فإن سطحه مسووك يتقوس لأعلى . بسبب القوة



الشكل (١٠) : توريث الماء للثيوتان . يظل السيل لم يترك الماء المتحرك بلقاء .
 (الشكل ١) يبدو فيه سطح الماء مستويا ، حين يبدأ الماء في الدوران (الدوران الكامل) .
 يظل السطح مستويا (الشكل ب) . هذه سرعة معينة للماء (الدوران الكامل) يظل سطح
 الماء مستويا (الشكل د) . أما لو كان الماء ، يظل توكس الماء سرعة (الشكل د) .
 ويوضح ذلك أن توكس سطح الماء ليس مرتبطا بحركة الماء مستويا لحركة الماء .

الطائرة المركزية . ولذا ما تسكت بالدلو لا يلائمه ، فإن الماء سيظل يدور لفترة ، متخذاً نفس الشكل المقوس .

يمكنك أن تحكم على دوران الماء بالنظر الى سطحه ، دون رجوع لأي شيء في الكون ، فإماء ساكن حين يكون سطحه مستويا ، ومتحرك حين يكون مقوسا . وعلى وجه الخصوص ، فالمقوس لا علاقة له بحركة الدلو الحامل للماء ، فهي بداية التجربة ، كان الدلو متحركا بالنسبة للماء ولكن السطح كان مستويا ، وفي نهايتها ، كان الدلو ساكنا ، والسطح مقوس ، وفي وسطها ، لم تكن هناك حركة نسبة بين الدلو والماء ، ولكن السطح ظل مقوسا ، في حين أنه قبل هذه التجربة ، لم تكن هناك أيضا حركة نسبية بينهما ، ولكن السطح كان مستويا . وعلى ذلك يبدو أن التقوس يعتمد على الحركة المطلقة للماء ، تلك التي نسبها نيوتن لما أسماه الفضاء المطلق .

ولك أن تدفع بالتجربة فدعا ، بتخيل أنك نقلت الدلو والماء للقطب الشمالي ، وعندك فانه حتى لو كان الدلو متوقفا عن الدوران ، والماء به ساكن ، ستجد بالقياسات الدقيقة أن التقوس لا يزال موجودا ، في هذه الحالة بسبب أن دوران الأرض يحمل الماء معه ، نفس الدوران الذي ، ولنفس السبب (القوة الطائرة المركزية) يتسبب في انبعاث الأرض عند خط الاستواء . فالمدوران ليس شيئا ينسب حتى للأرض ، أو للشمس ، أو مركز المجرة ، فسطح الماء سيكون مستويا في الواقع فقط حينما يكون الماء ساكنا (غير دوار) بالنسبة لأبعد نقطة في الكون .

والآن ، طبقا لنيوتن ، يكون سطح الماء مستويا حينما يكون الماء غير دوار بالنسبة للفضاء المطلق . وعلى ذلك ، فإن إطار الاستناد الذي يقدم الفضاء المطلق يبدو أنه نفس إطار الاستناد الذي توجد فيه المجرات البعيدة ، وشيبه بذلك قولنا أن كافة المجرات ليست دوارة ، وأن الكون بأسره غير دوار ، على الرغم من أن كافة ما فيه ، الكواكب والنجوم والمجرات المنفردة ، تدور . وأن هذا المنطق يبدو ملائما لمنطلقنا البديهي ، ربما لأن منطقنا البديهي مبني على ثلاثة قرون من الفيزياء النيوتونية ، ولكن هناك حجة بديلة .

وله ادعى معاصر لنيوتن ، جوتفريد لايبنتز Gottfried Leibniz : « ليس هناك فراغ دون مادة » . وبعد عدة سنوات عارض الفيلسوف الأسكتلندي جورج باركلي George Berkeley أيضا فكرة الفضاء المطلق ، معتبرا إياها بغير معنى . قائلا : « يكفي تغيير الفضاء المطلق إلى فضاء نسبي متعدد بالسما ، وما فيها من نجوم » .

لما بالنسبة للحركة غير المنتظمة ، فقد كتب يقول : « أعتقد أن بإمكاننا أن نجد كافة صور الحركة المطلقة التي بإمكاننا تصورها ، في أمثلتها ليست إلا الحركة النسبية » . لقد اعتبر باركلي أن كل أشكال الحركة ، بما فيها التسارع والصوران ، يجب أن ينظر إليها على أنها نسبية بالنسبة للنجوم الثابتة ، وليس للفضاء .

ولتدعيم منطقته ، يسأل باركلي القاري، أن تصور شكلا كرويا ، في فضاء فارغ إلا منه - في مثل هذا الفراغ بغير الملامح ، لا يمكن تصور حركة ما لذلك الجسم ، وحتى التسارع والصوران ليس لهما معنى . والآن ، تصور كونا ليس فيه سوى جسمين مرتبطين بجبل ، من الممكن الآن تصور حركة نسبية على طول الخط بين الكرتين ، ولكن الحركة المدارية للجسمين حول مركز مشترك ليست متصورة - في المقابل ، لو افترضنا أن سماء ممتلئة بالنجوم قد خلقت ، حينئذ يمكن تصور الحركة الدورانية بالنسبة لتلك الخلفية .

ويتعارض هذا صراحة مع رأي نيوتن حول ما يحدث في فرض باركلي ، فحتى الجسم الكروي المنفرد يمكن أن نحس بصورانه من أبعاده عند وسطه ، والجسمان المربوطان بجبل يمكن الإحساس بدورانهما من الفضاء في الجبل ، والتأثيران يورانان لقوة الطاردة المركزية ، وقد بين نيوتن صراحة أن التأثير الذي يميز الحركة المطلقة عن النسبية هو تلك القوة .

ورغم النجاح الساحق لميكانيكا نيوتن وروية العالم من خلالها ، فإن الموضوع الشائك للفضاء المطلق والصوران المطلق لم يخف . ففي

النصف الثاني من القرن التاسع عشر . تناول الموضوع الفيلسوف إيرنست
 ماخ Earnest Mach المعروف بأبحاثه في الصوت . وتكريما لذكراه
 أطلق اسمه على سرعة الصوت . وقد رفض ماخ تقبل فكرة فضاء مطلق غير
 منظور . قائلا . كما ذهب بأركلي . ان الحركة المنتظمة غير المنتظمة
 كليهما نسبيتان . فالعزوان مثلا . نسبي بالنسبة للنجوم الثابتة . ولكن
 هذا يترك موضوع القوة الطاردة مفتوحا . فاذا لم تكن رد فعل من الفضاء
 المطلق . فمن أين أتت ؟ ولقد افترض ماخ حلا وجيبا . فمن وجهة نظر
 الشيء العزوان . يحس بالقوة الطاردة من منظر النجوم تدور . فهي إذن
 مصدر تلك القوة . وعلى ذلك . فالقوة الطاردة . لو بعبارة أعم . التصور
 الذاتي . ليس رد فعل لفضاء مطلق غامض . ولكن بسبب الأشياء المادية
 المتناثرة في الكون المسمى طبقا لهذه الفكرة . والتي عرفت بمبدأ ماخ .
 فان تقلص مصدر تلك وابت في مركبة بالمسلاهي سببه جذب من نجوم
 (مجرات) على ابعاد ضخمة .

وعلى الرغم من أن ماخ لم يستطع ان يقدم صياغة دقيقة لكيفية
 حدوث ما ذهب اليه . فان فكرة كون التصور الذاتي تفاعلا بين الجسم
 والأجسام البعيدة في الكون قد أثرت بعمق على الكثير من المفكرين .
 فاينشتاين يعترف بأنه تأثر بكتابه « الميكانيكا » عند وضعه لنظريته عن
 الجاذبية . المعروفة باسم النسبية العامة . ولكنه في هذا الوقت
 كان قد غير مفاهيم كثيرة عن طبيعة الفضاء والزمن . في نظريته
 النسبية الخاصة التي نشرها عام ١٩٠٥ .

بصورة آينشتاين

قوانين نيوتن نحن تطبق على الحركة المنتظمة التي تكون فيها سرعة
 الأجسام واتجاهها ثابتا هي نفسها بالنسبة لكل مشاهد متحرك بسرعة
 منتظمة . فهذه القوانين تنكر على أي مشاهد أو جسم مدى ميرة تحديد
 ثابت مطلق قياسي . وفي هذا المصالح . يكون السؤال عن سرعة الأرض
 خلال الفضاء لا معنى له . بالضبط كما لا يمكن لسفينة الأعداء الفضائية

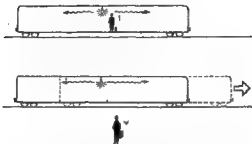
إن تتوقف في الفضاء . ولكن مسألة سرعة الأرض خلال الفضاء أخذت منعطفاً جديداً في النصف الثاني من القرن التاسع عشر . فإسحاق نيوطن و ماكسويل كشفت عن وجود مجال كهرومغناطيسي كعامل مسئول عن نقل القوى الكهربائية والمغناطيسية عبر ما كان يتصور أنه فراغ خال . وقد استنبط ماكسويل المعادلات المعروفة باسمه ، والتي تصف كيفية شق الموجات الكهرومغناطيسية لطريقها خلال الفضاء . وقد حسب سرعة هذه الموجات ، ووجد أنها بالضبط تساوي سرعة الضوء . وحيث إن الضوء كانت سرعته معروفة ، لكن ماهيته لم تكن كذلك ، فإن هذا كان دليلاً قاطعاً على أن الضوء هو نوع من تلك الموجات . ونحن نعلم أيضاً أن الانعكاسات كاشعة الراديو وأشعة أكس وغيرها هي أيضاً من نفس النوع ، وتنتقل بنفس السرعة . ولكن الشيء الغريب في هذا الرقم ، المبرر عن سرعة تلك الموجات ، أنه ثابت معقد بالمعادلات فقط ، فأين المرجع الذي نسبت إليه هذه السرعة ؟ هذا ما تسائل عنه العلماء ، وبسببه ظهرت فكرة الأثير ، كوسط يملأ الفضاء بأكمله . فالموجات الكهرومغناطيسية ، والتي أصبحت ينظر إليها كاهتزازات منطلقة عبر الأثير ، يجب أن تكون سرعتها متنسوبة للأثير . وقد استنتج ذلك على أنه يمكن قياس سرعة الأرض بفهم مطلق . وليس بالنسبة للفضاء الخاوي ، بل بالنسبة للأثير .

وأصبح الأثير يلعب دور الإطار المرجعي لحالة السكون المطلق . وبالنسبة له يمكن أن تقاس حركات كافة الأجسام . وأصبحت المهمة الأولى على مدى العقدين الأخيرين من القرن الماضي هي : قياس سرعة الأرض للأثير . وذلك بقياس الفرق بين سرعة الضوء في اتجاه حركة الأرض وسرعته متعامداً عليها . وبدأت المفاجأة القنبلة ، حيث أثبتت أدق التجارب دقة ، وعلى وجه الخصوص تلك التي أجريت بواسطة العالمين ألبرت ميكلسون Albert Michelson و إدوارد مورلي Edward Morley من الولايات المتحدة ، أن السرعة في الاتجاهين واحدة . لم توجه أية دلالة على أي تأثير تسببه الأرض في حركتها عبر الأثير .

ورغم أن أينشتاين كان من تحقق على يديه حل اللغز الناتج عن عدم وجود أثر لتأثير الأثير عن طريق نظرية النسبية الخاصة عام ١٩٠٥ ، إلا أن الفضية كانت الشغل الشاغل لعدد الفيزياء آنذاك ، ومن المؤكد أن الأوان قد حان لتلك النظرية ، وأنها لابد ظاهرة حتى بدون عبقرية أينشتاين . والعمدة الأساسية لتلك النظرية ثورية بمعنى الكلمة ، فهي تفترض أن الأثير لا وجود له ، وأن السبب في أن معادلات ماكسويل تطبق سرعة للضوء ثابتة على مستوى الكون ، هي في هذه السرعة ثابتة مهما كانت سرعة من يقيسها . والأكثر من ذلك ، هذه السرعة الثابتة ، وهي سرعة الضوء ، تمثل الحد الأقصى لأي سرعة نسبية بين الأجسام المادية ، فلم يحدث على الإطلاق أن يقيس جسم سرعة جسم آخر ، وببعضها أسرع من سرعة الضوء .

ومن هذه الحقيقة ، أي ثبات سرعة الضوء على المستوى الكوني ، تنبع كافة غرائب النظرية النسبية ، ومنها انكماش الطول وتمدد الزمن . ويمكننا أن نعطي لمحة عن مضمون ذلك بتصوير التجربة التالية : تخيل أن قطارا يتحرك ويمتصف إحدى مركباته مصدر للضوء . في لحظة معينة أرسلت نبضتان في اتجاهين متضادين ، للأمام وللخلف من المركبة (الشكل ١١) . فراكب القطار سوف يصوره ثابتا بالنسبة له ، ومن ثم فسوف يرى أن النبضتين سوف تصلان إلى نهاية المركبة في نفس الوقت تماما . انهما مطلقتان بنفس السرعة ، وتغطيان نفس المسافة .

لتصور الآن مضاعفة واقفا على وصيف القطار . يراقب القطار متحركاً في اتجاهه . طبقاً لسلسلة أينشتاين ، فإن سرعة الضوء هي نفسها بالنسبة له ولكلنا اليبشتين ، فمن وجهة نظره تتقدم مؤخرة القطار تجاه شعاع الضوء القادم لها ، بينما تتباعد المقدمة عن الشعاع المرسل إليها ، بمعنى أن شعاع الضوء يقطع في الحالة الأولى مسافة أقل من التي يقطعها الشعاع الآخر . وبالتالي يستعمل المتباعدة للتجهة للمؤخرة قبل تلك للتجهة للمقدمة .



الشكل (١١) : ضربة « الآن » - يرمض المسبح مرسلا ومذهلين في الإحصائيات
الضاحيون في الحرية ، الجميع ملقح حتى أن النبتين له انقلبا في نفس اللحظة ، وكان
هل هناك انقلا على لحظتي وصولهما لتهايلي الحرية ؟
(١) من وجهة نظر المسافر ، النبتتان تتحركان بنفس السرعة ، ولتضمنان نفس
المسافة ، ولذا ستمضان في نفس اللحظة لتهايلي الحرية -
(٢) من وجهة نظر مشاهد على الرصيف ، للنبتتان تتحركان بنفس السرعة أيضا ،
ولكن لا تتحركان نفس المسافة ، للنبتة الخلفية تتحرك مع الضوء ، فتقل مسافة النبتة
المتجهة إليها ، ويراقب عليه أن يرى النبتة المتجهة للخلف تصل قبل النبتة المتجهة للأمام -
يمكن من الخلاف في كون كلا الراغبين يريان الضوء يتحرك بنفس السرعة -

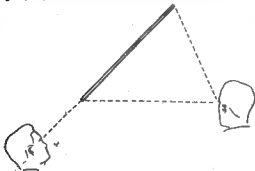
ما الذي نستخلصه من هذه التجربة الخيالية (٤) ؟ أن حادثتين
أيتين (وصول النبتتين للضربة المرة ومؤخرتها) بالنسبة لمشاهد
(راكب القطار) ليستا كذلك بالنسبة لمشاهد آخر (المشاهد على
الرصيف) - وبمعنى آخر ، فالآلية على المستوى الكوني ليست مطلقة ،
بل هي نسبية ، فكل مشاهد له قياساته الخاصة به للفترات الزمنية بين
الأحداث ، بحسب طبيعة حركته -

وبنفس الطريقة - نريد أن لكل مشاهد قياساته الخاصة بالنسبة
لنسافات بين نفس الأحداث - فمن للتصور أن يرى شخص منطلق في
الفضاء بسرعة قريبة من سرعة الضوء للمسافة بين الأرض والشمس
١٥ كيلو مترا فقط ، بدلا من ١٥٠ مليون كيلو متر -

تزاوج الفضاء والزمن :

يفقد كل من الفضاء والزمن ، كل على استقلال ، استقلالهما في نظرية آينشتاين . إلا أن المزيج بينهما ، الزمكان spacetime يأخذ معنى جوهريا لا يظهر لو أخذنا كل عنصر من العنصرين على حدة . فحين يغير جسم متحرك من حالته الحركية ، فإن علاقة المكان بالزمن تتغير ، مما ينتج عنه أن تتغير طريقة تصورهما . ولكن لما كان الفضاء والمكان هما وجهتان لكل أعم وأشمل ، فإن الزمكان ذاته يظل ثابتا في خواصه حتى بالنسبة للأجسام المتحركة بطرق مختلفة . وعلى الرغم من أن الزمن يظل فيزيائيا متميزا عن الفضاء ، إلا أنه يوجد رابط وثيق يربط الزمن بالأبعاد الثلاثة للفضاء ، بما يبرر التحدث عنهما ككل واحد ، كمتصل من أربعة أبعاد ، مستخدمين لغة رياضية تأخذ في الاعتبار التميز الفيزيقي بينهما .

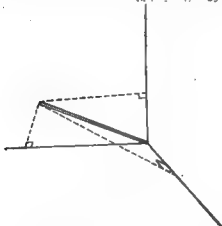
ويمكن فهم الفكرة بالمقارنة بالأبعاد الثلاثة المألوفة للمكان . تخيل عصا تقطع إليها من عدة الاتجاهات . إن الطول الظاهري لها يختلف طبقا لزاوية الرؤية ، كما هو مبين في الشكل (١٢) . فإذا نظرنا إليها من



الشكل (١٢) : يحدد الطول الظاهري لعصا على الزاوية التي ننظر إليها بها .
فيما يرى المشاهد (١) لعصا بكامل طولها ، يرأها المشاهد (٢) مكسفة .

اتجاه متعامد عليها فستظهر لنا ببساطة الحقيقي ، بينما لو نظرنا إليها في نفس اتجاه طولها لبدأ طولها صفرا ، ألا أن العقل البشري قد تألف مع هذه الظاهرة ، فلم نجد نضج بها .

وتوجد صياغة رياضية بسيطة تربط الطول الحقيقي بالأطوال الظاهرية في الأبعاد الثلاثة للمكان تقول : « للحصول على الطول الحقيقي أخذ مربعات الأطوال الظاهرية ، واجمعها معا ، ثم خذ الجذر التربيعي للمجموع (الشكل ١٣) » وقد يشعر القارئ ، يحق أنها تعميم لنظرية فيثاغورث في الأبعاد الثلاثة ، ويظن العقل البشري بهذه المهمة تلقائيا ، حيث لرى النتيجة شيئا بديهيا .



الشكل (١٣) : يمكن حساب الطول الحقيقي لمسا بـ شريطة معرفة الثلاثة أطوال على مسافات المسا على الصيغ $L^2 = L_1^2 + L_2^2 + L_3^2$.

وفي الأبعاد الأربعة للمكان ، علينا أن نتظر ، للأشياء كالمسا على أنها ذات أبعاد أربعة ، فما معنى ذلك ؟ إنها تعني أنه لا بد من الأخذ في

الاعتبار اللحظات التي نرى فيها نهايتي العصا . فلو كانت تلك اللحظات تقع عند ازمته مختلفة ، فإن العصا سيكون لها امتداد في الزمن كما هو لها في الفضاء . وفي هذا الوضع رباعي الأبعاد ، هناك أيضا اختلاف في الطول الظاهري للعصا . وحيث افنا نتحدث عن أوجه أبعاد وليس ثلاثة فإن زاوية الرؤية ستكون أوسع مجالا . وقد عرفنا كيف تتغير زاوية الرؤية في الفضاء ، فكيف نغير الزاوية بين ، مثلا الاتجاه العمودي في الفضاء ، والزمن ؟ الاجابة ، بالتحرك في الاتجاه العمودي بسرعة محسوسة بالنسبة لسرعة الضوء ، عندئذ سيبدو الطول القصير في اتجاه الحركة . هذا ببساطة هو الانكماش الطولي الذي أشرنا اليه من قبل . وفي المقابل ، تعتمد الفترات الزمنية مع هذا التحرك . ويمكن النظر لهذا التأثير على أنه مقايضة بين المسافة والزمن . والسؤال إذن ، ما هي نسبة التحويل في هذه المقايضة ؟ حيث ان سرعة الضوء هي الرابطة بين الاثنين ، وهو ٣٠٠ ألف كيلو متر في الثانية ، فإن الثانية تكون مساوية لمسافة ٣٠٠ ألف كيلو متر ، وهي ما نطلق عليه الثانية الضوئية (١) .

والسبب في عدم شعورنا بالكون كرباعي الأبعاد هو أن المقايضة بين المسافة والزمن لا تمس إلا عند التحرك بسرعات تقترب من سرعة الضوء ، وحيث ان تحرك جسم مادي بهذه السرعة أمر غير متصور في الحياة اليومية ، فلم يكن من دواعي لأن يتكيف العقل البشري على ذلك .

ولنأخذ مثلا محمدا ، عند حوالي ٩٠ بالمائة من سرعة الضوء ، فانكمش الأطوال بحوال النصف ، بينما تبطي الساعة بحيث تسير بنصف سرعتها . الا أن هذه التغيرات ذات طبيعة نسبية ، أي منسوبة لمشاهد معين . فالساعة المتطية العصا وتظهر بتلك السرعة لن تشاهد أي تغير لا في طول عصاتها ولا في ساعتها التي تحدد مرور الزمن بالنسبة لها . بل انها ستري أن هذه التغيرات قد حدثت بالنسبة للأرض ، فانكمشت فيها الأطوال وتباطأت الساعات بالنسبة لساعتها . وعلى ذلك ، فبالنسبة للمشاهدين المتحركين بسرعات مختلفة ، لكل سرعة التغير قد حاق بالتشاهد الآخر ، فانكمش طوله وتباطأت ساعته .

ورغم هذا التمازج الحميم بين الزمن والفضاء ، فإن الزمن سيظل هو الزمن ، والفضاء هو الفضاء . هذا التميز يجد تعبيراً عنه في الصياغة الرياضية ، بتعديل طفيف في نظرية فيثاغورث ، هو أن مربع الزمن (بعد تحويله لمسافة كما سبق) يطرح من مجموع مربعات المسافات ، لا يجمع عليها . هذا الفرق يفوره يتمخض عن نتائج غريبة . فنتائج الطرح قد يكون موجبا ، سالبا ، أو صفرا . أما في حالة الأبعاد المسافية الصفر ، فنتائج الجمع موجب دائما ، ولا يمثل أخذا الجذر التربيعي مشكلة . أما في حالة الأبعاد الأربعة ، فالمسألة أعقد من ذلك .

نفترض أن الحادثتين المرصودتين هما انفجار نجمي في السماء ، يبعدان سنتين ضوئيتين بالنسبة لأطار اسناد الأرض . فإذا ما رصد المشاهد الأرضي الفترة الزمنية بين الحادثتين على أنها سنة ، فإن البعد الفراهي (سنتان ضوئيتان) يكون أكبر من البعد الزمني (سنة ضوئية) . ويكون ناتج الطرح للمربعات هو $4 - 1 = 3$ ، وهو مقدار موجب . نقول هنا إن البعد الزمكاني هو « مكاني » السنة . أما لو رصدت الحادثتان على أن الزمن بينهما ثلاث سنوات ضوئية ، فإن ناتج الطرح سيكون $9 - 1 = 8$ ، أي : مقدار سالب، والثأري ذو العناية بالرياضيات يعرف أن جذر العدد السالب هو كمية تخيلية . ونقول هنا إن البعد في الزمكان ذو سمة « زمنية » ، وسوف نعود لهذه النقطة في موضع آخر .

ومن المحتمل أيضا أن يكون ناتج الطرح صفرا ، إذا تساوت المسافة الزمنية مع المسافة الفضائية (المكاني) ، بأن رصدت الفترة بين الحادثتين فكانت سنتين . هنا يكون البعد الزمكاني مساويا للصفر . فمن وجهة نظر الزمكان ، لا يوجد تباعد بين الحادثتين . هنا أيضا نقول إن البعد الزمكاني ذو سمة « زمنية » ، لأن الحادث هنا أن نبضة الضوء من الانفجار الأول قد وصلت النجم الثاني في لحظة انفجاره بالضبط . ولهذا السبب يمكن النظر للنقاط على مسار الزمكان لنبضة ضوئية على أن الأبعاد الزمكانية بينها صفر . وعلى ذلك ، فرغم أن الزمن والمكان قد امتد كلاهما بالنسبة للنبضة الضوئية ، فإنه من وجهة نظر الزمكان لا يوجه أي

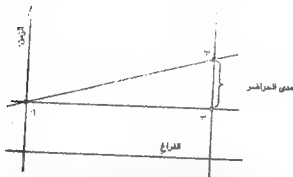
لباعد ، ويمبر عن ذلك إحيانا بأن الفوتون (جسيم الضوء) يزور كل النقاط على خط مساره في نفس اللحظة ، أو أنه بالنسبة للفوتون ليست هناك مسافة ما يقطعها عبر الكون .

وقد أظهر هذا التصور للكون رباعي الأبعاد مقمرة فائقة في تقسيم الكثير من الظواهر الفيزيائية ، حتى عندما مفهوما وعقوبلا تساما لتصور العالم . ولقد صمى من منطق التفكير ما تمارقنا عليه من « الآن » ، أو تقسيم الزمن إلى ماضى وحاضر ومستقبل . وقد غير آينشتين عن ذلك في خطاب لصديق حول الموت : « إن الماضى والحاضر والمستقبل بالنسبة لنا نحن الفيزيقيين المضمعين ، مجرد خدعة مهما استقرت هذه المفاهيم في الأذهان » . والسبب في ذلك أن الزمن لم يعد ، من وجهة نظر النسبية ، « يحدث » حثينا ، أو لحظة بعد لحظة ، بل هو يشد ، كما المسافة ، في كليته ، فالزمن ببساطة « هناك » .

وحتى تفهم مدلول ذلك ، يجب أن تفهم أولا أن « الآن » بالنسبة لى ليس بالضرورة كذلك بالنسبة لك . والسبب في ذلك ، كما رأينا هو أن توالث حادثتين متباعدتين في الفضاء هو أمر نسبي . فما يراه شخص قد حدث قبل شيء ما ، قد يراه آخر في مكان آخر قد حدث بعده . ونحن لا نحس بهذا في حياتنا اليومية؛ لأن سرعة الضوء من الكبر بحيث أن اختلاف الفترات الزمنية ليس ملحوظا على مستوى المسافات الأرضية . أما على المستوى الفلكي ، فالتأثير هائل ، فحادثة في إحدى المجرات قد تراها حدثت عند الظهور في مسهل أرضي قد تبدو متأخرة لقرون من وجهة نظرك لو كنت متطلعا في مركبة بسرعة فائقة .

ولهذه الأفكار مضامين هائلة . فإذا كانت « اللحظة الحالية » أمرا يختلف باختلاف تحرك المرء على المستوى الكوني ، فمعنى هذا أنه لدينا مدى من « الحواضر » ، البعض منه قد يقع فيما نعتبره أنت ماضيا ، والبعض فيما نعتبره مستقبلا . على حسب المشاهدين (الشكل ١٤) . وبعبارة أخرى ، فالحظات الزمن ليست أشياء « تحدث » في مكان في نفس الوقت ، حيث أن يكون سوى « حاضر » واحد حقيقي . بل أن

الزمن يتمدد بصورة ما ، مثله في ذلك مثل المسافة المكانية ، بحيث أن ما يعتبره شخص حدث الآن ، هو أمر نسبي له هو .



الشكل (١٤) : بالقضية لثلاث مرجعي معين يكون الحدثان (١) و (ب) لثلاث يعني أن (ب) يحدث في نفس اللحظة مع (١) ، بالقضية لثلاث آخر ، فحدث (ب) هو الذي يحدث في نفس اللحظة (١) ، أي من الحدثين يمكن أن يعتبر حدثا ، الآن ، من وجهة نظر (١) ، الأجابة : ليس أي منهما ، فالآن مفهوم نسبي ، هناك مدى من الملاحظات المتكافئة ، مع ذلك (ب) في (ب) ، بحسب السرعة التي يتحرك بها المراقب . ولا يكون الذي لمدة ثوان ١ ، في حدث بلان ، اللحظة المتكافئة ، هي اللحظة جعل ولا معنى ، فالزمن يتمد مثل الفضاء ، ويكون الماضي والمستقبل والمستقبل على قدم المساواة من حيث الوجود .

فهل يمكن تصوّر أن المستقبل ، من منظور ما ، واقع بالفعل ؟ هناك ؟ حل بإمكاننا التنبؤ بالمستقبل ، بمجرد تغيير طبيعة التحرك ؟ في الواقع ، فإنه في تجربة القطار السابقة ، لو تصورنا قطارا آخر يسير بسرعة تتجاوز القطار الأول ، فإنه بالنسبة لمشاهد على متنه ستكون الحوادث معكوسة في الزمن بالنسبة لما يقاومه مراقب الرصيف . سيبدو ذلك كما لو كان الزمن « يسير للوراء » ، من وجهة نظر ما . على أنك لا يمكنك السفر بسرعة كافية تمكنك من رؤية مستقبلك أنت ، فلكن يتحقق ذلك ، يجب أن تنتقل المعلومات عن مستقبلك بسرعة سيكون منها

حاصل طرح المربعات سالبا . وقد ذكرنا أن السفر بسرعة الضوء يجعل المسافة الزمكانية تساوى الصفر . ولجعل هذه المسافة أصغر من ذلك ، حتى تكون المسافة سالبة . يتطلب الأمر تحركا بسرعة أكبر من سرعة الضوء . وهو الأمر المطلوب طبقا للنظرية النسبية .

وبصورة أكثر تحديدا ، فالتنظيرة تمنع أى تأثير فيزيقي ، أو قوة ، أو إشارة أن تتسارع حتى تتكسب سرعة أكبر من سرعة الضوء . ومعنى ذلك أن الحوادث التي ليست بينها وابطة سببية هي فقط التي يمكن للزمن أن ينعكس فيها بينما . ففي حالة مثال القطارين ، هما كان إطار الاستناد للمشاهد ، فسوف تصل الاشارتان الى نهايتي المركبة بعد لحظة انطلاقهما . وليس قبلها . حيث ان الاطلاق مرتبط سببيا بالوصول . أما لحظة وصولهما بالنسبة لبعضها البعض فيمكن أن تنعكسا من مشاهد آخر ، حيث انه ليس لأحدهما تأثير على الأخرى . أما بالنسبة لنفسه والتأثير ، فأقصى ما يمكن حدوثه ، مع الاقتراب من سرعة الضوء ، هو ان يظهر كما لو كانا في لحظة واحدة . ولكن لن ينعكس ترتيبهما على الإطلاق . فخداع العكاس ترتيب الحوادث ممكن فقط في الحالات غير المتسافرة ببعضها البعض ، وليس لنا . بآية حال ، أن نعكس التسلسل السببي .

ولعله من المناسب أن نذكر ، باختصار ، أن كل مضامين النظرية النسبية ، بما في ذلك الانكماش الطولي وتعدد الزمن والمعاينة الى القياس في الأبعاد الأربعة قد تأكمت بالتجارب المباشرة . فهناك الكثير من التجسيمات دون الذرية التي تنتج في المعجلات الذرية . وهي التي يمكنها التحرك بسرعة تقترب من سرعة الضوء . قد أظهرت صراحة آثارا كالتى تنبأت بها النظرية النسبية . وأحيانا ما تكون هذه التأثيرات حاسمة . فكل سبيل للثال ، يمكن أن يحدد العمر للقرر لجسيم منها بقدره قد يصل لعشرين مرة أو أكثر .

وفي أحد المعجلات المذكورة ، تمت الاستفادة من تديد الزمن . فالإلكترون حين يسجل بيت لشماعات كهرومغناطيسية . وقد وجد انه مع زيادة سرعته فان طول الموجة المشعة يزداد ، وهو ما يجعل الانشعاع أكثر فاعلية في بعض الاستخدمات العملية . وأيضا ، في الذرات الثقيلة

يمكن أن تصل سرعة الإلكترونات حول النواة إلى سرعات تقترب من سرعة الضوء ، فتنعكس بذلك لتأثيرات النسبية ، وهو ما قد يؤثر على خواص المادة ككل ، فاليها يرجع مثلا يريق للمادن .

وكتيجة لعشرات السنين من التجارب المعقّلة ، لم يعد هناك شك بأية درجة في دالة النظرية النسبية الخاصة ، كنسج من المكان والزمن من وجهة نظر المصاعدين ذوى السرعات الثابتة والمختلفة بالنسبة لبعضهم البعض . والقصور فيها هو أنها ليست مؤهلة للتعامل مع الحركة غير المنتظمة ، أو مع الجاذبية . وهو ما تولى أينشتين تحقيقه في نظريته النسبية العامة ، والتي سميت كذلك لكونها تتعامل مع أمور أهم مما تتعامل معه النسبية الخاصة .

الولوع في لبنة الجاذبية

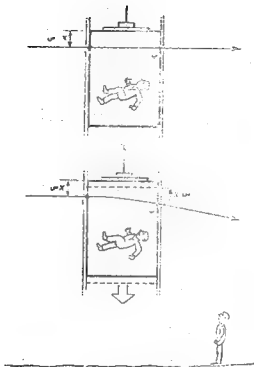
على العكس من النسبية الخاصة ، لم تكن النسبية العامة لتظهر لعشرات من السنين لولا عبقرية أينشتين . فقبل الرغم من كون مسألة القصور الذاتي قد شغلت بعض الناس ، مثل ماخ ، إلا أنه لم يحدث أمر ملج يدعو لتفجّح النظرية النسبية الخاصة ، على غرار تجربة مودلي - ميكلسون التي بينت القصور في نظرية نيوتن . ولقد قام أينشتين بعمله الرائع كصيغة رياضية لوصف الكون - كأحد أعمال التجريد النظري على أرقى مستوى - وباستثناء بعض التجارب التي أجريت بعده لتمر النظرية بوقت قليل ، فإن الأمر تطلب سنين عاما ، إلى أن اكتشفت النابضات ، والكوازرات ، والغروب السوداء ، كثفت النظرية كأحدى الدعائم الأساسية للعلم الحديث ، تقترح خصائص جوهرية للكون . والسبب في سمة تطبيقاتها في المجال التلّكي هو أن كل هذه الأجرام المجيئة تمتلك مجالاً جاذبياً هولا ، والنظرية النسبية العامة هي في الأمّ الثالب منها ، نظرية عن الجاذبية .

وكان تضاداً بصيرة أينشتين فيما يتعلق بطبيعة الجاذبية بسبب تفكيره الميق في لفر القوى المصاحبة للسرعة غير المنتظمة ، لوى القصور

الذاتي . وكان يقول ان الالهام الذي قادته الى طريق هذه النظرية أتى من فكرة ان الشخص الساقط من سطح ، أو الجيوس في مصعد يسقط ، لا يشعر بقوة الجاذبية . فلو ان للمصعد أخذ في التسارع الى أن استطاع أن يتلاشى تأثير الجاذبية بالضغط ، ونصل بذلك لانعدام الوزن ، فإن قوة الجاذبية وقوة القصور سوف يتكافآن كل منهما مع الآخر (٧) .

والتكافؤ بين قوى الجاذبية وقوة القصور الذاتي هو محور جوهرى فى النسبية العامة ، فقد دفعه الى مستوى لمبادئ الأساسية ، وهو يزدى مباشرة الى أحد أهم توقعات النظرية . تخيل أنك فى مصعد يهوى ، وأنت تتطلع الى شعاع من الضوء عابر للمصعد ، فبالنسبة للمصعد ، يسير الضوء فى خط مستقيم ، ولكن بالنسبة لمراقب على الأرض ، فالشعاع ينحني ، كما هو مبين فى الشكل (١٥) . وهذا المراقب سوف يميز الانحناء الى تأثير الجاذبية ، وعلى ذلك فقد تنبأ أينشتاين بأن الضوء ينحني بتأثير الجاذبية . هذا التنبؤ قد اختبر بواسطة الفلكي آرثر إدينجتون Arthur Eddington خلال الكسوف الكلى لعام ١٩١٩ . وقد فاس إدينجتون الإزاحة الطفيفة فى مواضع النجوم بالقرب من قرص الشمس الكاسف . وقد عزى ذلك الى انحناء شعاع الضوء عند مروره بالقرب من الشمس (الشكل ١٦) .

وحقيقة ان الشخص المراقب فى مصعد يهوى يتقدم وزنه ، يجعل الأمر يبدو كما لو كانت الجاذبية يمكن تلافيها بمجرد تغيير إطار الاسناد ، الا أن الأمر على خلاف ذلك ، فعلى بالنسبة للمصعد الساقط يمكن للمراقب أن يقول ان الأرض تبارس جاذبيتها . فالأشياء القريبة من أرضية المصعد أقرب شيئا ما للأرض عن الموجودة قرب السقف، وحيث ان جاذبية الأرض تقل بزيادة المسافة . فإن الأشياء القريبة من الأرضية تسارع بمقدار أكبر قليلا عن المرتفعة . ويتوقف على ذلك أن الأشياء الساقطة سقوطا حرا على ارتفاعات مختلفة (سواء آكانت فى مصعد أم لا) تسيل للتتابع . وفى الواقع فإن هذه الحركات التفاضلية هي المسئولة عن ارتفاع لك فى المحيطات بسبب القمر ، ومن ثم يطلق عليها « قوى المد » tidal forces .



الشكل (١٥) : فوتون (ومثل ضوء) يخرج مصعداً ساقطاً ، من كعب إلى كعب متماثل .

(١) بالنسبة للمراقب الخارجي المتشخص بالمكان الموجود داخل المصعد ، (والذي بالنسبة له يعتبر المصعد في حالة سكون) ، يمشي الفوتون من التلة (س) ويخرج من (س) ، وكذلك على نفس المسافة من السقف ، فيبدو المسار خطاً مستقيماً .
(٢) بالنسبة للمراقب على الأرض ، يلاحظ المصعد حيلة الأسفل خلال زمن خروج الضوء ، ولكن يخرج الضوء من التلة على نفس المسافة من السقف ، يجب أن يربط كلاً ، وعلى ذلك الفيزيائية تحتل الضوء .



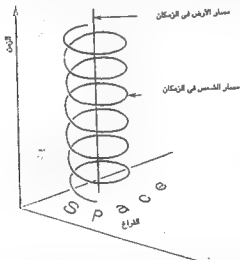
الشكل (١٦) : جاذبية الشمس تمنح الضوء ، ومن ثم يبدو نجم عند رؤيته في وجود الشمس (وهو يمكن هذه الحالة كسوف كلي) مزاحا بقدر معين عن مكانه الأصلي .

وقد إدرك آينشتاين أن قوى المد لا يمكن أن تتلشى بتغيير أطار الاسناد ، فهي تمثل تأثيرا حقيقيا للمجال التجاذبي في مسارسته لنشاطه .
وقد ذهب إلى أنه إذا كان تأثير حقله القوي هو أن تبط أو تسرع من المسافات بين الأجسام الساقطة سقوطا حرا ، فإن الوصف الأكثر اتعا لجاذبية المد هو أنها تسوية أو مط للزمان ذاته . وبمعنى آخر ، بدلا من النظر للجاذبية كقوة ، يدعونا آينشتاين أن ننظر إليها كنقوس أو انواء في الزمكان .

ومن منظور معين ، يمكن النظر إلى انحناء شعاع النجوم عند مرورها بالقرب من الشمس على أنه مسح مباشر لنقوس الفضاء حولها . ولكن من المهم إدراك أن النقوس حاد في الزمكان . وليس في المكان فقط خلا الأرض تتبع مسارا اهليجيا مقلدا حول الشمس . وفي أول لقاء بالنظرية النسبية العامة من الطبيعي أن نؤمن أن هذا يعني أن الكوكب يتبع مسارا خلال الفضاء النقوس المنحني لجبال جاذبية الشمس . ولكن حيث أن مسار الأرض مقلد ، فإن هذا قد يبدو وكأن الفضاء مطوى بصورة ما حول الشمس . يمتلك المجموعة الشمسية فيها معنى الثقوب السوداء . ومن الواضح لمسار هذا التصور - والنظرة دقيق ، ولكنه جوهري - فمن وجهة نظر الزمكان ، للمسار ليس مقلدا ، ولكنه يأخذ الشكل الدائري المبين في الشكل (١٧) .

لجهد كل دورة حول الشمس ، تعود الأرض إلى موقعها السابق في المكان ، ولكن في زمن مختلف ، متقدمة سنة بعد أخرى مع كل دورة .

وعلى كل مرة تأخذ الزمن في الاعتبار كجزء من الزمكان ، فإننا نضربه في سرعة الضوء ، وهي كمية كبيرة ، مما يعني أن اللولب سيمط في البعد الزمنى بصورة هائلة - ، فالمسافة ، على طول المسور التي تقابل دورة واحدة هي سنة ضوئية ، أى حوالى ٩٥٠٠ مليون كيلو متر . وعلى ذلك فالمسورة المصغرة لمسار الأرض حول الشمس من منظور نفوس الزمكان لأن النفوس غاية في الضالة - هذه الضالة مرجعها إلى أن جاذبية الشمس ، مع كبرها بالمقياس الأرضى ، خشيلة بالمثل على المقياس الفلكى ، ولنسوف نساعد تأثيرات جوهرية لمثل هذا النفوس مع الأجرام ذات الجاذبية القاطنة .



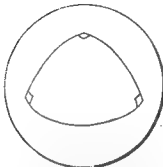
الشكل (١٧) : يبدو الزمن حين ينظر إليها غير الزمان متشعبة مسرعا أو يبطأ حول الشمس - ولأن كل لحظة يجب أن تضرب في سرعة الضوء (وهي مقدار ضخم) لكي يمكن مقارنة الزمن بالسلك ، فإن اللولب يبدو مسطوحاً بدرجة كبيرة جداً في الاتجاه الزمنى عما يبدو في الشكل .

وتتمثل جراث أينشتاين في تعرضه لمسألة الجاذبية والحركة غير المنتظمة في العالم لفكرة الفضاء المسطح ، وإدخاله فكرة الزمكان المنحني . وبعد أن قدم نظرية نيوتن في نسبيته الخاصة ، على نسبيته العامة قدم الهندسة الإقليدية في وصفها للكون في نسبيته العامة .

ولكن ما الفضاء المنحني ، فاعلم من الزمكان المنحني ؟ لنصل إلى النقطة الجوهرية في هندسة إقليدس ، الخطوط المتوازية التي لا تلتقي مهما امتدت . في القرن التاسع عشر ابتكر كارل جاوس **Karl Gauss** وجورج ريمان **Gorge Riemann** ونيكولاي لوباتشفسكي **Nikolay Lobachevsky** الهندسة غير الإقليدية (A) ، والتي لا وجود فيها لخطوط متوازية ، وهي هندسة تطبق في دراسة الأسطح المنحنية . فعلى سطح الأرض مثلا ، قد تبدو الخطوط متوازية في البداية ، ولكنها ستلتقي بالضرورة في النهاية (الشكل ١٨) . والهندسة غير الإقليدية لها خواص تختلف عن الإقليدية ، فبينما مجموع زوايا المثلث في الهندسة الإقليدية هو زاويتان قائمتان ، فإن المثلث المثلث في الشكل (١٩) ، والرسوم على سطح كرة . له ثلاث زوايا قائمة .



الشكل (١٨) : على خط الاستواء ، تظهر خطوط الكروية متوازية ، إلا أنها تلتقي عند القطبين بسبب انحناء سطح الأرض .



الشكل (١٩) : على السطوح المثلثية ، يمكن أن يكون المثلث مغنويا على ثلاثة زوايا قائمة ، أي يكون مجموع زواياه 270° درجة .

فحينما وصف الجاذبية على أنها تقوس في الزمكان ، كان أينشتاين يقصد تطبيق الهندسة غير الإقليدية عليه . لفكرة أن المكان والزمن يمكن أن يشوها بما يجرى فيهما من حركة ، فإن الفكرة قد امتدت للجاذبية ، بحيث أن وجود المادة في الزمكان يمكن أن تسبب التشوه ، أو التقوس ، في المكان والزمن . على نظرية أينشتاين ، وعلى عكس الوضع في نظرية نيوتن ، يجب معاملة الزمكان كنظام رياضي له كيانه ، فهو ليس مجرد ساحة تلعب فيها الطبيعة ألعابها ، بل هو أحد الداخلين في اللعبة . ومعنى ذلك أنه توجد قوانين ميكانيكية للزمكان ذاته ، قوانين تحكم كيفية تفرعه . وبينما الأجرام ذات الجاذبية تتحرك ، فإن المكان والزمن يتشكلان بحيث أن المزيج منهما يتغير . بل من الممكن أن يحدث اهتزازات في الزمكان، على صورة موجات الجاذبية *gravitational waves* ، وهي الظاهرة التي سنتناولها في الفصل السادس .

تمدنا النسبية العامة بالوصف الدقيق لكيفية تحرك الأجسام في وجود المجال التجاذبي من خلال فكرة تقوس الزمكان . وقد عبر جون ويلر John Wheeler أحد المسئولين عن تطوير النظرية النسبية العامة في عام

١٩٦٠ عن هذه الرابطة بالقاعدة الأصولية التالية : « تغير المادة الفضاء كيف يتغير ، ويغير الفضاء المادة كيف تتحرك » . ولكن النسبية العامة مع ذلك لا تنجح تماما في إدخال مبدأ ماخ في الصورة . فالقوة الوحيدة التي تبرز تأثير المجرات البعيدة على معدتك وأنت في مركبة الملاحى هي الجاذبية ، ولكن الجاذبية تبعو للوهلة الأولى نوعين بسراجل من أن تقوم بهذه المهمة . لقانون التربيع العكسي لديولن لا يزال مطبقا في النسبية العامة ، ويبين كيف تضغط الجاذبية بمعدل سريع مع المسافة . وعلى المقابل ، فتركيز المادة في الكون ثابت الى حد كبير على المستوى التاسع ، بما يجعل كمية المادة في شريحة كروية من الكون مركزها الأرض وبمسك معين يتناسب مع حجم تلك الشريحة ، وبالتالي متناسب مع مربع المسافة إليها . وعلى ذلك فزعم أن جاذبية كل كسرة من المادة لا تؤثر فيها الا تأثيرا ضاهيا ، فانه يوجد قدر من المادة يكفي لمعادلة هذا الضغط .

وهذه مصادفة مثيرة ، تفحصنا على أن نعرض أنه حين يبدأ جسم في الدوران فانها ثبت اضطرابات جاذبية في احصاق الفضاء ، بما يجعل كل المجرات في الكون تتحرك وتتفاعل متآخرة لتنتج القوة الطاردة التي نلاحظها . ولكن هذا التصور المبسط لن ينتج للأسف ، فرد الفعل على الأجسام المتحركة يجب أن يكون لحظيا ، ولكن النظرية النسبية ترفض أى تأثير يتجاوز في سرعته سرعة الضوء ، وحتى عند سرعة الضوء ، فإن ملايين أو بلايين من السنوات يجب أن تنقضي قبل أن يظهر أثر المجرات السحيقة في الفضاء على الأرض . فإى ميكانيكز مبنى على التأثير المباشر يجب أن يتضمن فكرة وجود الحال تصل في زمن معكوس - ورغم محاولات وضع تصورات من هذا القبيل ، فلم يكن منها ما هو مقبول .

ويحاول أغلب انصار مبدأ ماخ اليوم أن أن يضمثوه في علم الفلك ليس بمفهوم الاثارة ورد الفعل . ولكن كجزء من الشروط الحدودية الجذبية للكون ، بمعنى أنه تعبر عن تنظيم المجال التجاذبي للكون بأكمله . وقد حاول آينشتين ، وهو الذى كان شغوقا بمبدأ ماخ كما قمنا ، أن يضمثه بهذه الطريقة في نظريته . وبعد عقود من المحاولات ، وحصل النسبيون (المهتمون بنظرية النسبية) الى نتيجة مفادها أن المبدأ لن

يتم للنظرية إلا في كون مطلق ومحدود . وأبسط طريقة لشرح معنى ذلك هو تصور سطح الأرض . فكوننا محدود بكل تأكيد . مختلف في شكل كروي إلى حد ما . ولكنه يغير حوافه . فزحل في أي اتجاه وتستجده نفسك قد عدت إلى نفس النقطة . وبهذا المفهوم لسطح مطلق . ولكنه بدون حدود . فلو كان الكون بأكمله مطلقا . فإن لثمة يمكنه تصور الفضاء ثلاثي الأبعاد . مختلف حول نفسه في شكل يتبع حتما معينا . ولكن بلا حواف . وسوف يتحقق أنك لو تحركت في اتجاه واحد لمدة كافية . لنكما يندت على الأرض . ستمود إلى نفس النقطة .

ولكن رغم ما يبدو من أن مبدأ ماخ لن ينجح إلا في كون مطلق . فإن الكون المطلق لا يجب بالضرورة أن يتضمن المبدأ . وبشكل عام . فالنسبية العامة ليست متوافقة مع ذلك المبدأ . وفي عام ١٩١٩ وجد الرياضي كورت جودل Kurt Gödel من معهد الدراسات المتقدمة في برينستون حلا لمعادلة أينشتاين يمكن أن تصف كوناً دوّاراً . ولا يعني ذلك أننا نطلق كوناً دوّاراً بالمثل . ولكنه يعني أن مبدأ ماخ ليس محتوي في النسبية العامة . حيث أن دوران الكون ككل أمر لا معنى له طبقاً لمطلق ماخ . فالنسبية لأي شيء يدور الكون بأكمله ؟ ومن هذا المنطلق فإن النسبية العامة . وبالرغم من اسمها . أقرب لروح فضاء نيوتن المطلق منها إلى حركة ماخ وبأركان النسبية .

ومع ذلك . فالنظرية كتنبأ ببعض التأثيرات المتعلقة بمبدأ ماخ . ومن ذلك ما اكتشفه أينشتاين نفسه . وكتب عنه ماخ . فقد وصل بسنطته إلى أنه إذا كان دوران جسم سميتير أنه بالنسبة للكون المثلء بالأجسام المادية بأكمله . فإن كل جسم في الكون يجب أن يمارس بعضاً من التأثير عليه . والجزء الأكبر من القوة الطاردة يجب أن تنزى إلى أبعد الأجسام في الكون . وبمد ذلك بحث أينشتاين حالة جسم موجود داخل شريحة كروية مسطحة تدور حول محورها (بالنسبة للنجوم البعيدة) بسرعة فائقة . وبالتدريج التي تساهم فيه الشريحة في تأثير ماخ الكوني . فإنها يجب أن تمارس قسراً ضئيلاً ولكن ملحوظاً على الجسم الذي بداخلها . على شكل قوة تجره في اتجاه الدوران .

ومن الممكن قياس تأثيرات مشابهة في الوقت الحاضر . فقد اقترح ويليام فيربانك William Fairbank منذ مدة تجربة تجرى في الفضاء على جيروسكوب يدور حول الأرض ، وحساب مثل ذلك الجر الذي يسببه دوران كوكبنا . فطبقا لنيوتن ، فالجيروسكوب يجب أن يشير الى موضع ثابت بالنسبة للنجوم البعيدة ، ولكن طبقا لأينشتاين فإن دوران الأرض يترك اثره المائل لالتواء في مجالها الجذبى ، وسوف يصل لأجواز الفضاء . ويجب الجيروسكوب معها في اتجاه الدوران . هذه التجربة قد تجرى على متن مكوك الفضاء « شاتل Shuttle » في عام ١٩٩٠ ، ولكن مهما كانت نتيجة تأثير النسبية التي ستتخطى عنها ، فإنها لن تثبت صحة مبدأ ماخ .

ويظل مبدأ ماخ صحيحا ، ومثيرا للتفكير ، وتكمن الأثرة في توجيهه للكون في وحدة واحدة ، واضطائه لأجزاء من المادة لم يكن يحسب لها خطر دورا حاسما على المستوى الكوني . ومن الصعب تصور كيف يمكن التعلق منه عن طريق المصادفة ، ولكن من جهة أخرى يمكن البتات خطئه لو حدث واكتشف أن الكون يدور ككل واحد (أى بالنسبة لأطار الإسناد الذى تختفي فيه القوة الطاردة) . وسيظهر ذلك في الحفلية الإشعاعية للكون ، والتي تخلف من الانزياح العظيم الذى ثوله عنه الكون . هذا الإشعاع الذى يتغلغل الكون يحمل بصمة كافة الحركات الكبرى ، وسيظهر دوران الكون على صورة تغيرات بها في ذلك درجة حرارة هذا الإشعاع في مناطق السماء المختلفة . وتبين المشاهدات أن الإشعاع منتظم بدرجة تسعو للحمسة . ومن الممكن أن نضع حدا أعلى شديد الصرامة على ما يسمح له من دوران للكون ، فقد اتضح أنه لو حدث وكان الكون دوارا ، فلن يكون قد دار سوى عدة درجات قليلة منذ منشئه .

وبالنسبة لراضى مبدأ ماخ ، فإن هذه المشاهدات تمثل لهم لغزا . فليس هناك من سبب واضح لماذا يكون معدل دوران الكون صفرا . وبعبارة أخرى ، لو كان الدوران مطلقا ، فإنها تكون مجرد صفة ، صفة فلكية ، أن إطار الإسناد الذى تختفي فيه القوى الطاردة هو بالضبط مساو لإطار الإسناد المحدد بالمجرات البعيدة . مثل هذه المصادفة قد تعرض لها العلماء ، كما تعرضوا لصف آخرى في الفلك ، فيما يسمى

بالنظرية التضخمية **Inflationary theory** المرتبطة بنشأة الكون من الانفجار العظيم .

وقبل أن نتناول موضوع التضخم الفلكي في مضمار الفيزياء الحديثة ومدى فهمنا للزمن والمكان ، فإنه يجب أولاً أخذ صورة عن الكون التقليدي كما ترسمه النسبية العامة . وحتى لا يشعر أحد القراء بأن فهمه لمفاهيم النسبية لن يكون على المستوى الذي يؤهله لاستيعابها ، فنستعرض رواية لأحدنا يبين فيها كيف تمكن من علم المفاهيم .

اعتزال من نسبي

هناك أمر مثير بالنسبة للسير آرثر اينشتون ، والذي قاد فريق البحث في موضوع النسبية في العشرينيات والثلاثينيات . فقد سئل يوماً ما أن يعلق على الإشاعة القائلة بأن ثلاثة فقط على مستوى العالم يفهمونها . وكان ذلك يشير ضمنياً له ولأينشتين ، فقد قال بمد تدبر :
« ترى من هو الثالث ؟ » .

إن الشهرة المفزعة للنسبية كثيراً ما تثير التعليقات ، ومن الشائع أن نظرية يضمها عبقري مثل آينشتين ، يجب أن تكون خارج مقدرة الإنسان العادي في فهمها . هل أن هذه النظرية تدرس بصورة روتينية اليوم في الجامعات ، كما تحتوي المكتبات على كتب على مستوى الطلاب عنها . فاما أن طلابنا أكثر ذكاءً مما نتوقع ، أو أن النظرية ليست مفزعة بالقدر الشائع عنها . ومع ذلك ، فهناك أناس بالفعل يجهدون صعبة في فهم أفكارها ، أو في تصديق أن الكون يتفق مع بعض ما تنبأ به .

وقد بنا صراحي للفهم النظرية عام ١٩٦٠ ، حين كنت في الرابعة عشرة . كان العالم الرياضي الشهير سير هرمان بوندول **Sir Herman Bondi** قد دعى لاقاء محاضرة على الطلاب وأولياء أمورهم في مدرستي بلندن . وكان الموضوع هو « النظرية النسبية » . وكانت ثلاثة عرض يولدى مثيرة للإلهام بشكل عجيب . ورغم ذلك فقد ضمت ال درجة اليأس في التفاصيل الفنية . فالرسومات التوضيحية التي عرضها بوندلي عن الزمن

والمكان والمليئة بالإشارات الطسوتية المتحركة جيئة وذهابا تركنتي في
بليلة شديدة .

وبعد ذلك بفترة وجيزة اكتشفت كتابا كتبه أينشتين نفسه .
عنوانه « معنى النسبية » . ويا للأسف ، فمع عبقريته البالغة كان كتابا
غير موفق ، ووجعت الكتاب بلا جدوى . إلا أن الفكرة الجوهرية كانت
قد غرست في نفسي . ذلك أن سرعة الضوء ثابتة بصرف النظر عن
قيسها ، أو كيفية تحرك مصدر الضوء . مثل هذه النتيجة الواضحة
بشكل ملفظ تنحصر على التخيل ، ولكني ، بسبب عمري آنذاك ،
كنت شغولا بالمفاهيم الفيزيائية ، ومن ثم تثبتت الفكرة .

الاعتقاد في الاستحيل :

وخلال دراستي أخلت في تعلم بعض ما تنبأت به النسبية الخاصة ،
تمدد الزمن وانكماش الطول واستحالة تجاوز سرعة الضوء ، وزيادة الكتلة
مع زيادة السرعة ، والمعادلة الشهيرة $E = mc^2$ ، والتي تربط بين
الطاقة والكتلة . كل هذا أخذته قضايا مسلما بها ، ولكن مفزعا ظل
لنرا محيرا .

وفي الجامعة التحقت بمحاضرة دراسية خاصة للنسبية ، وكان هل أن
أذكر في تمدد الزمن بالتفصيل .

ثم يكن مجرد أمر مثير للتعجب أن يسافر شخص في رحلة فضائية
ثم يعود ليجد نومه أكبر منه عمرا بـعشر سنوات ، بل بدا ذلك هو
السخرى بعينه . كيف يمكن لنفس الأشياء أن تسير بمعدلات مختلفة ؟ كان
ذلك هو التساؤل لنفسي ، وقد تمثلت الموقف هل أن السرعة تشوه من
عمل الساعات بصورة ما ، وأن تمدد الزمن ما هو إلا صورة الخداع .
تأثير ظاهري أكثر منه حقيقيا . وهل التساؤل ، أي من التوسمين هو الذي
على حق ، وأيها ضحية ذلك الخداع ؟ (٩) .

وعند هذه النقطة اكتشفت المفة في تلمي . كانت المشكلة كائنة
في إصراري على إرجاع كل شيء إلى النظرة البديهية والمفاهيم المسبقة هي

الحقيقة . وهذا ليس بالأمر العجى بالنجاح . في البداية بدأ ذلك نوعا من الفصل المحيط ، فاعترف أنني لم أستطع أن أتصور الزمن يجري بمعدلات مختلفة . وكان ذلك بالنسبة لي بسبب عدم القدرة على فهم النظرية . وبالتأكيد لقد تعلمت كيف أتعامل مع الصيغ الرياضية وأن أحسب الفرق بين الأزمنة . كان بإمكانى أن أحسب ما يحدث حقيقة . ولكن كان الباقى على أن أعرف لماذا يحدث .

وهنا أدركت سبب عجزى . فطلعا كنت مستطعا أن أتخيل تمدد الزمن وغير ذلك من التأثيرات ، وأن أجرى الحسابات المتعلقة بها ، فهذا كل ما هو مطلوب . فطلعا كان بإمكانى أن أرجع كل شئ لمساعد معين ، وأسأل ماذا يمكن له رؤيته وقياسه به بالفصل ، فإن هذه تكون الحقيقة . هذا المنهج البراهماتى (النفسى) الذى يهدف الى مجرد رصد ما يشاهده ، دون محاولة وضع تصور شامل للأمر فى منظور مجرد ، يسمى « الوضعية » *positivism* (انظر الفصل الأول) ، ولقد وجدته ذا عون كبير على استيعاب القدر الكبير من الفيزياء الحديثة .

وبمضى عتبة الزمن . كانت الصعوبة التالية هي استيعاب مفهوم متصل الزمن والفضاء (الزمكان) وباهى الأبعاد . لقد قرأت كثيرا أن الزمن بعد رابع ، ولكن هذه المقولة الجافة لم تكن تعنى بالنسبة لي شيئا ، بل لقد بدت لي خطأ بينا . فأكتر أحاسيسى بالعالم فطرية لتبلى أن المكان (الفضاء) هو المكان ، وأن الزمن هو الزمن - فهما من الناحية الوصفية متمايزان بما لا يسمح لي تصور الزمن بدءا رابعا مع المكان . فمن البداية . المكان هو شئ يمكننى أن أراه وأن ألمسه ، بينما لا أحس باللمحة من الزمن الا عندما يحين لوانها ، والأكثر من ذلك ، فإنه بإمكانى التجول فى المكان ، وليس فى الزمن .

المشكلة تكمن فى أنني أخذت عبارة اليمد الرابع بفهوم حرفى . فالتفكيرية لا تدعى أن الزمن هو بالفعل بعد رابع مع المكان ، فليس لا تنكر تمايزهما ، ولكنها تقول أن الزمن والمكان مترابطان فى خواصهما بدرجة تبطل من المنطقى أن تصفهما معا فى لغة من الأبعاد الأربعة . وما ينتج

عن تنازجهما ، وهو الزمكان ، يتولد عنه الخواص المثيرة التي تعرضنا لها في مؤلفنا هذا . منها مثلا أن المسافة رباعية الأبعاد بين حادثتين على مسار نبضة ضوئية هي صفر . مهما كان التباعد المكاني بينهما .

حينما وصلت لهذه النقطة تملكثنى حيرة لا توصف ، كيف يتصور الإنسان مكانين مختلفين واقعا والبعيد بينهما صفرا ؟ وما أن أدركت أن الزمن ليس بعدا للمكان ، تلاشت الحيرة . فكما بينا ، يطرح البعد الزمني من البعد المكاني في الصياغة الرياضية للزمكان ، ويسكن إذن أن يحدث التبادل بينها بحيث يلائم كل منهما الآخر . فالزمن متميز عن المكان في الصياغة الرياضية للزمكان بإشارته السالبة . أما لو تكللنا عن المكان مجردا فمن البديهي أن المسافة المكانية ستكون موجودة .

تصور ما لا يمكن رؤيته

جميل إل الآن ، فالألفاظ والمفاهيم المتعلقة بالنسبية الخاصة بدأت في الشحوب . ثم أتت أمواج النسبية العامة . كنت أعلم أنها نظرية للجاذبية ، وأنها تعالج المجال التجاذبي في صياغة من تنقوس الفضاء . وفشلت كافة محاولاتى في تصور فضاء مقوس . فليس من مشكلة في تصور كتلة مطاطية تنقوس ، فهي قبل كل شيء مكونة من مادة ، ولكن الفضاء هو الحواء ، فكيف ينقوس ؟ اللاشيء ؟ . وبالتحديد ، أين يكون النقص ؟ إن الكتلة المطاطية توجد في الفضاء ، ولكن الفضاء ليس موجودا في شيء ؟

في هذه المرحلة كونت انتظاعا أن النقص في الفضاء يظهر نفسه بجعل مسارات الكواكب متعنية حول الشمس . فالأرض تنجح مسارها اهليلجيا حول الشمس ليس بسبب قوة الجاذبية ، ولكن لأن الشمس تنقوس الفضاء حولها ، والأرض تنجح أقصر منه في هذا الفضاء المقوس . ولم يكن ذلك مستغربا بالنسبة لى ، وقد علمت أن الضوء ينحني بالفعل بفعل الشمس ، الأمر إذن غاية في البساطة ، الفضاء المقوس يعنى فقط مسارات مقوسة .

ولكن لمزا بدأ في الأفق - فطبقا للتصور الذي وضعته ، فإن ذلك يعني أن الشمس قد طوت الفضاء حولها ، بما يمزجها مع المجموعة الشمسية عن بقية الكون ، ومن البديهي أن هذا خطأ .

وكانت الغلطة غاية في البذخ ، فالتفوس القول به ليس في المكان ، ولكن في الزمكان ، والفرق بين التعبيرين جوهري - فمن وجهة نظر الزمكان ، لمسار الأرض حول الشمس ليس منفصلا ، بل هو لولبي (راجع الشكل ١٧) . وذلك حين تأخذ البعد الزمني في الاعتبار - وفي هذه الحالة ، يترجم البعد الزمني إلى مسافة زمكانية بالضرب في سرعة الضوء ، وهو مقدار غاية في الكبر بالمقاييس الأرضية ، مما يترتب عليه أن يسطع النولب في البعد الزمني بصورة كبيرة ، الأمر الذي يعني أن التفوس في الزمكان بفعل الشمس ضحل للغاية - فتصوري الأولى للمسارات كان صحيحا ، بشرط أن ندخل عنصر الزمن فيه .

وأخيرا بدأ لي أنني ألتزم في فهم النسبية - ألا أن المساعب الجسبية بدأت في الظهور حين بدأت دراسة علم الكونيات - وكان المشهور من آينشتاين إطلاقه مفهوم « منطلق ولكن بلا حدود » *elowed but unbound* وهذا ينحدر أكبر قمرات التصور - ولم أكن قد تمردت 'للية فكرة تفوس الزمكان في لا شيء' - والآن يتوقع مني أن أتصور أن الفضاء بأكمله مقوس على نفسه بحيث يتقابل مرة أخرى في الناحية البعيدة منه - ولم تفدني هذه الصورة كثيرا - فبيان أن سطح الكرة منطلق على البعدين ولكن ليس لها حدود هو أمر سهل القبول ، ولكن أن تمد الصورة للأبعاد الثلاثة ليست بالسهولة التي تصورها ضارب المثل - فالسطح ذو البعدين يمكن أن يتفوس في الأبعاد الثلاثة ، ولكن في أي شيء تنفوس الأبعاد الثلاثة ؟ وهكذا ووجهت بنفس المشكلة القديمة .

وأخيرا أقادني تلوقى للخيال العلمي على التغلب على هذه الصعاب - فقرأتلك للخيال العلمي تمردك على تصور نفسك في مكان الأبطال ، ننظر لنصالح من خلال أعينهم ، وتشاوركم خبراتهم - حتى وأنت تقرأ عن المستحيل ، فأنت مستطيع تخيل ما يحدث - فلم يكن من الصعب على أن

أضغ نفسي في رحلة الزمن التي تخيلها هـ جـ ويلز . حتى وإن كنت أعلم أن القصة لا معنى لها من منظور الفيزياء ، فلماذا كان سهلاً على أن أتخيل السفر في الزمن ، فلماذا يستعصى على تصور الكون المنفلق ؟

وما زلت أتذكر تصميمي على ألا أطول تصور الحقيقة المطلقة . ولا أن أكالغ من أجل نظرة آلهة علوية للكون . وبدلاً من ذلك ، أكتفي بنظرة متواضعة لمسافر مسكن في الفضاء ، يحاول يشق النفس استكشافه الفضاء المنفلق من حوله . ماذا تكون خبراته ؟ حسناً ، فبمقدوره السفر في نفس الاتجاه ، والمودة في النهاية إلى نفس موضعه . هذه إحدى الخواص الغريبة للكون أينشتاين المنفلق على نفسه ، ولكنه غير محدود . فكل الرغم من استمرار عدم قدرتي على تصور كيف يمكن للفضاء أن يكون على هذه الصورة ، فقد تلبثت هذه الخبرة للمسافر الفضائي . فهي مثالية . ليس هناك ما يجاني المنطق في حدوثها . وإذا كان للخيبرات أن تنفج في تناسب ما ، مهما كانت غرابتها ، فمن الممكن اعتبار مجموعها مبرراً عن الحقيقة .

وطبعت نفس الفلسفة على المشكلة الدائمة ، الكون المتعدد . فمثل أي شخص ، لم يمكنني استيعاب فكرة كيف يتعدد الكون ، حيث بدا لي أنه لا يوجد شيء يتعدد فيه . ولكن ما زال يقنوني أن أتصور معنى مساعدتي لتعدد من الداخل . تخيلت مراقبي في مكان ما بالمجرات السحيقة البعد ، يتفحصون السماء ، وكل واحد يراقب بقية المجرات تتباعد عنه . مرة أخرى ، ليس من بأس في حدوث ذلك ، حتى ولو لم يكن بالإمكان معرفة كيفية حدوثه .

أما أحد المشاكل الغامزة فكانت فكرة الألق . كنت أعلم أن المجرات البعيدة تزداد سرعة تباعدها بزيادة بعدها عنا ، وإن هناك حداً لا يمكن بعده رؤية أية مجرات ، يسمى الألق (وسوف نتناول هذه الخصيصة الهامة في الفصل التالي) . فلبسة طويلة خلطت بين هذا المفهوم وفكرة حد الكون ، وكان قصوري أن عدم إمكان رؤية مجرات بعد الألق لأنه

لا توجد هناك أية مجرات . لا شيء سوى البقعة اللامتناهي . ولكن في النهاية أدركت أن الكون لا حد له . وأن أية إشارة له هو ضرب من الهراء .

ولكن هذا الخطأ تلاشى لكي ألق في آخر . فقد قرأت أن تلك المجرات يستحيل رؤيتها لكونها تتراجع بسرعة أكبر من سرعة الضوء . وما زلت أتذكر وأنا جالس في مقصف بالكليّة أتناقش في الأمر مع أحد زملاء . وقد قلت مترعاً : «كيف يمكن لمجرة أن تتحرك بأمرع من الضوء؟» فرد قائلاً : «آه ، إن حد سرعة الضوء قالت به النسبية الخاصة ، ولكننا في الفلك نتعامل مع النسبية العامة» . ولم يكن ذلك ليجهديني شيئاً ، حيث لم يكن أبنا قد تمكن من النسبية العامة بعد .

حقيقة ، في الفلك نستغنى النسبية العامة . ولكن ذلك لا يسمح بتجاوز سرعة الضوء . كان السبب في المعضلة هو أنه لم يكن بإمكاننا إدراك ذلك إلا بالمفهوم الأرسطي ، فالمجرات بالنسبة لي تتحرك في الفضاء . باعتبارها شيئاً ساكناً لا حراك به ، بالضبط كما تتحرك الأسماك في البحر الساكن . هذا التصور خاطيء تماماً . وقد استغرق الأمر طويلاً إلى أن أدركت أن التمدد في الكون لا يحدث بواسطة المجرات المتباعدة ، بل أن الفضاء ذاته هو التمدد ، مما يجعل للمسافات بين المجرات تتسع .

ولا اعتقد أنني استوعبت فكرة الفضاء التمدد تماماً حتى قرأت من نموذج ويليام دي سبيتر William de Sitter للكون ، والذي لا يحتوي على شيء بخلاف كون متعدد خال تماماً من أية مادة ؛ وبالطبع ظلت لدى صعوبة تخيل تمدد الفضاء ، ولكن بما أنه يمكن تخيل أن مراقبين سوف يريان بعضهما البعض في تباعد مستمر . فلا بأس من تقبل الفكرة .

ومسلماً بهذه الصورة ، أصبحت مشكلة تجاوز سرعة الضوء بطع ذات موضوع . فالمجرات لا تتحرك حقيقة بالمرة . إن الأمر ببساطة أنها محتواة في كون متعدد ، والانزياح الأحمر الشهير ليس كما قيل لنا مجرد ظاهرة دوبلر . والتي تماثل تغير حدة الصلير لقطار متقبل قبل تجاوزه الرصيف وبعبء . أنه في الواقع بسبب أن الموجات الضوئية تستقبل

مع تمدد الفضاء ، وتدرجياً قد تبلغ الاستطالة إلى القدر الذي يجعل التردد يقل عن مجال الأتمة المرئية ، وهذا هو الأفق ، فالتكون ودماره لا يزال موجوداً ، ولكنه غير مرئي لنا .

بليلة اللاهتة

ربما أعدد نقطة في الموضوع بالنسبة لي هي الانفجار العظيم ، الذي منه تولد الكون . كانت الصورة الأولية لدى هي عن كمية غاية في التركيز من مادة في مكان ما من الفضاء ، لسبب ما ، وفي لحظة ما ، انفجرت ، مرحلة خطاياها في كل مكان ، لتكون في النهاية مجرات متباعدة . وأدرك الآن مدى خطأ هذا التصور ، ولكن عذري في ذلك أن أول احتكاك لي بهذه النظرية كان قبل أن يتطور مفهوم مفردة *singularity* الزمكان كما وضعها روجر بنروز *Roger Penrose* . وستيفن هوكينج *Stephen Hawking* في الستينات .

في ذلك الوقت ، كان الفلاسفون للموضوع يؤكدون أن الكون بعد أصله في مفردة في الزمكان ، والتي هي نقطة يصل الزمكان فيها إلى نفوس لانهائي ، وتتوقف عندها فعالية قوانين الفيزياء . ولم يكن من الممكن ، بحسب قولهم ، للمكان والزمن ، أو أي تأثير فيزيائي ، أن يستمر في المفردة . وعلى ذلك فمسألة ماذا كان قبل الانفجار العظيم لا محل لها . فليس هناك ، قبل ، للحظة الانفجار العظيم . حيث إن الزمن بدأ بها . كما أنه ، ونفس السبب ، من غير المعنى ، أو حتى المقول ، التساؤل عن سبب حدوثه .

وبعد ذلك ، حاولت تصور المفردة بتشكيل كل مادة متضخمة في نقطة واحدة . بالطبع هذه الفكرة في حد ذاتها تنهب بالمثل ، ولكني استطعت تخيلها . ولكنني كنت حريصاً على ألا ألق في خطأ تصور تلك النقطة محاطة بالفضاء . فانا أعلم أن الفضاء يجب أن يكون قد انضغط إلى تلك النقطة أيضاً . هذه الصورة ناجحة بالنسبة لنموذج الكون المتناهي المتعلق الذي وضعه آينشتاين . حيث أننا جميعاً يمكن أن نتخيل

الشيء المتناهي يتكشف الى لا شيء . ولكن تظل هناك مشكلة ظاهرة ، لو كان الكون لامتناهياً في المكان . فإذا كانت المفردة مجرد نقطة ، فكيف تتحول الى ما هو لامتناه ؟

اعتقد أن فكرة اللانهاية تبيل الكثيرين منا . ولم آسكن على الإطلاق من تكوين تصور بدعي لهذا المفهوم . والمشكلة مقلقة هنا لأن هناك بالفعل شيئاً لانهائياً يتصارعا : لانهاية الحجم المكاني ، ولانهاية الانكماش . فهما ضغطت الفضاء اللانهائي ، فسيظل لانهائياً . من جهة أخرى ، غاية منطقة منتهية في نطاق الفضاء اللانهائي ، مهما بلغ اتساعها ، يمكن أن تنضغط الى نقطة وحيدة في لحظة الاعتبار العظيم . ليس هناك تعارض بين اللانهائيتين ، طالما أنك تعتمد عن أي شيء تحدث .

حسناً ، يمكنني أن أقول كل هذا بالالفاظ ، وإن أصوغه في معادلات رياضية ، ولكنني اعترف أنني الى اليوم لا يمكنني تصويره .

والشيء الذي أثار انتباه العالم للنسبية العامة ، وأسر خيالي ، هو بلا شك الثقوب السوداء . علمه الأشياء القريبة لها عدة خواص عجيبة تستنفد قدرة المرء على التخيل لأقصى مداها . حين سمعت عن الثقوب السوداء لأول مرة ، كان ذلك في أواخر الستينات . كان بإمكانني قبول فكرة انهيار نجوم تحت تأثير جاذبيته ، وأنه يمكن أن يحبس الضوء بداخله ، فيبدو كقلب أسود . لما ما لم أكن أقصه فهو ما الذي يجري لمادة النجم . أين نذهب ؟ لقد بينت بعض النظريات أن مفردة تتكون بداخله ، ولكنها لم تتطلب أن المادة يجب أن تقابل المفردة . فإذا ما تقادت المادة المفردة ، فإنها لا تستطيع مفادرة القلب ، حيث أنه ما من شيء يمكن أن يفلت منه . وهذا الموقف لي محتوي على تعارض .

الاجابة التي قمعت لي هي أن المادة تطرد الى كون آخر . وهذا ذلك مثيراً ومهولاً . ولكن ما معناه بالضبط ؟ أين يقع ذلك الكون الآخر ؟ لقد استوعبت أفكار الكون المتبدد والكون المنطق . ولكن فكرة تعدد الأكوان أدارت رأسي . أنها لممرى مسألة عويصة . ولجات مرة ثانية الى

استراتيجيتي إلا أطول اكتساب نظرة الالهة علوية . وانصوب تجاوز مثل
هذين الكونين ، وتعاملت فقط مع ما يمكن من ناحية المبدأ أن يشاهد
من خلالهما .

لقد قرأت ذات مرة قصة بعنوان « الباب الأخضر » ، فيها عبر شخص
باباً يؤدي به الى حديقة غناء هائلة ، تائق فكرتنا عن الفردوس . وحين
غادرها لم يجد الباب مرة أخرى ، وظل بقية حياته يبحث عنه . وذات
يوم وجد باباً أخضر فمبهر ، فلقى حظه . فالجنة التي في القصة لا توجد
في المكان الذي نالقه . فالباب كان يؤدي لفناء آخر . واستخلصت أن
الثقب الأسود لابد أن يكون شيئاً من هذا القبيل . لقد استطعت تخيل
تجربة الرجل مع الباب ، فلماذا لا أستطيعها مع الثقب الأسود ؟ فليكن
لك أن تمر من خلاله ثم تجد نفسك في مكان خلاف إلى مكان في فضاءنا .
لم يكن هذا لي أن أعرف أين هو ، كل ما يحسن أن تجربة المشاهد كانت
منطقية ومتراصة .

بعد أن قصصت هذه القصة ، على أن أحذر القاري ، وكما سترى
في الفصل التاسع ، أنك لا يمكنك المرور خلال الثقب الأسود بهذا الشكل
حقيقة . فالوضع الأكثر احتمالاً أن المادة الساقطة فيه ستقابل المفردة ،
ولو أن ذلك لم يثبت لأن بصفة قاطعة .

وأنا اليوم متعود تماماً على التعامل مع العالم المريب للنسبية .
فأفكار تشوه الزمن والتواء الفضاء وتعدد الأكوان هي من الأدوات اليومية
للتعامل مع الفيزياء النظرية . على أن تعود عليها قد تولد نتيجة
التكرار . وليس لكوني قد حزت مقبرة غير عادية على الادراك . فانا أعتقد
أن الحقيقة التي تظهر لنا الفيزياء الحديثة غريبة على العقل البشري ،
وتتحدى أية مقبرة على التصور . فالصور الفنية المتولدة عن النقاط مثل
« الفضاء المنحني » و « المفردة » هي نماذج غير مناسبة ، قيمتها فقط في
تثبيت الفكرة في ذهنك ، وليس استبصار كيف يكون العالم الواقعي
بالضبط .

وفي هذا تشابه مع عالم الاقتصاد المول . فنحن نسع عن ميزانية الولايات المتحدة ، وإن الميزانية فيها كذا بلهونا من الدولارات . ونفصّر أننا نفهم ما يعنيه ذلك . ولكن ليس هنا من يمكنه تصور قدر مهول من الأموال بهذه الدرجة في الحياة اليومية . فالألفاظ لها شيء من أشياء المعاني . نعطينا شيئاً ما تركّز عليه بينما نمر إلى النقطة التالية في المناقشة ، ولكنها لا تنقل شيئاً ذا معنى واقعي بالمرّة . فيبدو أن الفكرة إذا ما تكررت بقدر كافٍ فإنها تثبت في الفهم لدرجة الإحساس بأنها مفهومة ، مهما كانت درجة غرابتها على المنطق البدعي .

إن مقدرة العقل البشرية على تقبل ما لا يتفق مع الواقع من طريق الخيال ليحظى حرية حائلة . فالنظرية النسبية ما زالت في بطر تفاصيلها غريبة بالنسبة لي ، كـ بعض خواص الإشعاع الجذبى ، ومع ذلك فالتدريج على التخلص من الحاجة للتصور المبسطة أمكننى من التعامل مع هذه الموضوعات دون وجل .

وباستخدام الرياضيات كمرشد يمول عليه ، يمكننى استكشاف مناطق تتجاوز حدود الخيال للوصول إلى إجابات شافية عن أشياء يمكن ملاحظتها .

إن الزهو البشري في كون أدنيتون الشخص الوحيد بعد آينشتين القادر على فهم النسبية العامة لا يعنى فى رأيي أنه وآينشتين وحدهما القادران على تصور المفاهيم الثورية الجديدة مثل الزمكان المنحنى ، ولكن ربما يكونا بالفعل من أوائل الفيزيائيين الذين استوعبوا أنه في هذا الموضوع لا يأتي الفهم الصحيح إلا بغير الحاجة للتصور . هذا هو الأمر الذى قد يكون مساعداً على فهم ما نتجربنا به الفلكيات النسبية في شرحها لما يشاهد من تصرفات في الكون .

خوامش الفصل الثالث

(١) خلاف النظرية النسبية أينشتاين - فالنسبة هو النسبية بين السرعات ، وليس النسبة لسرعة الضوء - (انترجم) *

(٢) ذكر الفيزيائي وليس المبررات - حيث لم تكن المبررات خلاف دبرج للتبسيط له عرفت بعده - (انترجم) *

(٣) من الطريف ان نذكر ان ماخ قد رفض هذه النظرية عند نشرها عام ١٩١٥ ، واكد قبل وفاته في العام التالي ، (من ثمانية وسبعين عاما) كان يزعم تأليف كتاب له فيها - (انترجم) *

(٤) يافرح ان يكون للقطار حركته بصورة خيالية حتى يتلوه الفرق بين ما يراه راكب القطار والمشاهد على الرصيف - فالنظر النسبية لا تظهر الا مع الأبعاد الممتدة بالنسبة لسرعة الضوء - لهذا السبب لا نلتفتها في حياتنا العادية - (انترجم) *

(٥) مرة أخرى نذكر ان هذا يتطلب ان يكون الطول محسوساً بالنسبة لسرعة الضوء ، أي عند الاك من التكرارات على الاقل - (انترجم) *

(٦) ومن ذلك قياس الأبعاد الفلكية بالساعة الفوتوية ، وهي المسافة التي يقطعها الضوء في سنة كاملة - (انترجم) *

(٧) يطلق أينشتاين على هذا المبدأ مبدأ التكافؤ

- «Principle of equivalence» - (انترجم) *

(٨) تسمى أيضاً « التوكيد الروماني » - (انترجم) *

(٩) يفرق الفيزيائي مصطفى مشرفة - رحمه الله - حذراً عظيماً لتكريب الزمن للآخرين : فليكن انه تظهر لسانجة عند الثانية عشرة بعد الظهر ، لو انه انطلقت في هذه اللحظة بسرعة الضوء متجاهلاً عنها ، فانه لن يرى باستمرار سوى الشعاع القادم منها المبرر من الساعة الثانية عشرة ، وسيظهر انه الامر وكان الزمن توقف عند هذه اللحظة - وبالنسبة للميكرو مشرفة هو عالم مسمى في الفيزياء - معاصر لأينشتاين وكان حجة في النظرية النسبية - وقد تولى في تراكس الفيسيتات - (انترجم) *

الفصل الرابع

الكون على رحابته

ان واجب التمكن astronomer هو ان يدرس الأشياء الموجودة في الكون . ويتضمن هذا الشمس والكواكب ، والنجوم على مختلف أنواعها ، والمجرات والمواد ما بين النجوم . وفي المقابل ، فالكوني cosmologist (عالم الكونيات) أقل اهتمامًا بالتأثيرات التفصيلية للكون ، منسبة بالهيكل العام له . فعلم الكونيات يتعامل مع كيفية نشأة الكون ككل ، وكيفية نهايته . ويعني الكوني بكلمة « الكون » كل شيء ، الفضاء الفيزيقي بأكمله ، الزمن والمادة . ويختلف علم الكونيات عن العلوم الأخرى في أن موضوعه أمر وحيد ، وهو الكون . وان كانوا أحيانا يشيرون إلى الكون أخرى . فهم في الواقع يشيرون إلى تجريدات رياضية قد لا تحمل ، مثل كون جوديل الدوار ، إلا القليل من العلاقة بالعالم الواقعي .

ويشبه الكونيون على أعمال الفلكيين لرسم تصورهم عن الكون . كما أنهم أيضا يستخدمون قوانين الفيزياء لنسججة التنبؤات التي تحدث مع تطور الكون ، وفي محاولة التنبؤ بالمصير النهائي له . ويسبل الكونيون اليوم إلى تأمل الظروف الأولية لنشأة الكون ، بالإضافة إلى القوانين ذاتها . وقد بدأ علم الكونيات في العشرينيات من هذا القرن ، حين اكتشف إدوين هابل Edwin Hubble أن الكون يتمدد، وهو الاكتشاف الذي تماشي مع توقعات النسبية العامة ، توقع ألبرت آينشتاين ذاته ، والذي كان يستقده أن الكون في حالة مكثون ، في التماثل عليه في نظريته . وقد أدى المزيج

من اكتشاف هابل مع النسبية العامة إلى نتيجة عظيمة ، مفادها أن الكون غير مرمى النشأة ، بل لابد أن يكون قد خلق خلقاً فجائياً منذ عدة بلايين من السنين ، في انفجار مهول نسميه اليوم الانفجار العظيم . وأكثر جهود الأبحاث اليوم ، كما ذكرنا من قبل ، موجهة تجاه فهم المراحل الأولى التي أعقبت الانفجار العظيم ، ومحاولة ربط الخصائص المشاهدة حالياً بالعمليات الفيزيائية التي تمت في هذه المراحل (١) .

التمدد دون مركز

لم يكن مع ذلك لعلم الكونيات أن يوجد كموضوع محدد فو لم يكن بإمكاننا الحديث عن الكون كوحدة واحدة . ويشهد هذا بدوره على حقيقة عامة مبنية على المشاهدة ، فيزياس كبير ، تتوزع المادة بانتظام مثير للشمسة خلال الكون . و « القياس الكبير » هنا يعني حجوماً أكبر من حجم كوكبة من المجرات ، أي ما يوازي تقريباً حافة عالم مليون سنة ضوئية . هذا الانتظام يعني ضمناً أن الكون متشابه بالنسبة لأي مجرة بخلاف مجرتنا ، فليست هناك أية صورة للتمييز لموقعنا في الكون ، والأكثر من ذلك ، لهذا الانتظام ثابت مع الزمن ، وبالتالي مجرتنا تشترك بقية المجرات في مجرى حياتها .

ما علاقة هذا بفهم الكون المتعدد ؟ بل كيف في الواقع نمرك أن الكون متعدد ؟ المشاهد المباشر يأتي من تلصصنا للضوء الذي نستقبله من المجرات البعيدة ، فقد وجد هابل أن الضوء يسيل بانتظام إلى التزحزح تجاه اللون الأحمر من الطيف . ويعني هذا أن الموجات الضوئية تتمدد بما يشبه نفس ما يحدث للمدات على الأرض . ف « الانزياح الأحمر » يعني للفيزيقي تحركاً لمسعر الضوء بعيداً عن المشاهد . هذا ما فسر به هابل التباينة . فقد استخلص أن المجرات تفر بعيداً عنا بسرعة فائقة . وكما رأينا ، لقد توافق ذلك مع المتطلبات الأساسية لمعادلات النسبية العامة .

ويطلق على المجرات أحيانا اللبئات الأساسية للكون . وتباعدها عنا هو الذي يحدد التمدد الكوني . ففى داخل المجرة . لا يوجد تمدد . ومجرتنا . درب اللبانية (أو السبانية) (Milky way) تتكون من مائة بليون من النجوم موزعة على قرص مسطح . يدور ببطء حول مركزها . وهذه المجرة تنتمى الى نوع يسمى المجرات الحلزونية . أو القرصية . بسبب شكلها . وهناك أشكال أخرى للمجرات . ولكنها لا تعنى الكونيين كثيرا .

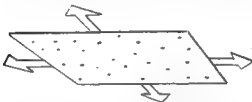
وهناك ميل للمجرات للتجمع في كوكبات clusters (بأعداد تتراوح بين عدد قليل الى آلاف المجرات) . متماسكة بفعل التجاذب فيما بينها . وهذه الظاهرة أكثر إثارة للكونيين . وحيث ان هذا التجمع يناهض التمدد الكوني . فانه من الأدق ان نعتبر الكوكبات المجرية هي اللبئات الأساسية للكون .

وقد لاحظ هابل أن المجرات الأكثر خلوتا في مرصده هي الأكثر احمرارا في طيف ضوئها . وحيث ان الخلوت دليل على زيادة البعد . فان ذلك يعنى أنه كلما زد بعد المجرة زادت سرعة تباعدها . وقد اثبتت الدراسات التالية صحة ذلك . وأن السرعة تتناسب مع البعد . بمعنى ان المجرة التى يبلغ بعدها عنا ضعف أخرى . تتباعد بسرعة ضعف سرعة الأخرى . وهي علاقة تسمى (قانون هابل) . والرقم المحدد بالضغط على سعة التباعد عند مسافة معينة يعتبر من الأرقام الهامة في علم الكونيات . يطلق عليه « ثابت هابل » . ورغم أن قيمته الدقيقة لا يمكن معرفتها من خلال رصدنا المحدود . فان أغلب الكونيين يقبلون رقما ٥٠ كيلو متر في الثانية لكل ميجا بارسك (فرسخ نجرى) . البارسك Parsec يساوى ٣٢ سنة ضوئية . وهذا يعنى أن مجرة تبعد عنا بمقدار ١٠ ميجا بارسك تتباعد بسرعة ٥٠٠ كيلو متر في الثانية .

فى البعد

هذه العلاقة البسيطة بين البعد وسرعة التباعد هي المضمون العميق لطبيعة التمدد الكوني . انها تعنى أن الكون يتمدد بنفس المعدل فى كل

مكان : فبالنظر اليه من أية مجرة سيكون نبط الحركة هو نفسه بقدر كبير . فمن الخطأ أن نتصور أننا ، كما يتخيل كثير من الناس ، في مركز التمدد . فرغم أن المجرات تتباعد عنا ، فإنها أيضا تتباعد عن بعضها البعض . وحيث أن الحركات تخضع لقانون هابل فالمجرات المرئية لأية مجرات أخرى تتباعد عنها بنفس الطريقة التي تتباعد عنا . ليس من مجرة في وضع متميز لتكون مركز التمدد .



شكل (٢٠) يمكن تصوير التكون المتمد بقطعة مسطحة تبط في كل الاتجاهات بقدر متساو . وهذا يمثل القبة المطاطية للفراغ ، والقطط عليها تمثل المجرات . وبهذا يهدد الفراغ . لتباعد المسافات بين المجرات ، ولكن المجرات ذاتها لا تتحرك في الفراغ ، ولا لتباعد عن مركز مشترك .

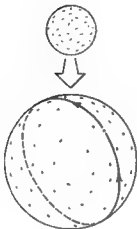
ولو كان صعبا عليك أن تتصور ذلك ، فربما كان المفيد لك أن تتصور قطعة مسطحة مطاطية ، مغطاة بالبقع التي تمثل المجرات . تخيل أنها تبط في كل الاتجاهات (الشكل ٢٠) . تكون النتيجة أن كل بقعة تعتمد عن البقع الأخرى ، بالضغط كعالة المجرات في التكون المتمد . والأكثر من ذلك فإن هذا النظام سيخضع لقانون هابل ، كلما زادت المسافة بين بقعتين ، زادت سرعة التباعد بينهما .

ويمكن الاعتراض على ذلك بأن البقع تتباعد عن مركز معين . وهو مركز القبة المطاطية . لكن لو كانت القبة من الكبر في المساحة بحيث لا يمكنك أن ترى حوافها ، فإن يكون لك وسيلة تعرف بها أي من البقع قريب من المركز وأياها بعيد عنه ، من مجرد مراقبة التباعد . ولو كانت القبة لامتناهية ، ففعلا لن يكون هناك معنى لفكرة الحواف أو المركز .

وفي الكون الواقعي - لا توجد أدنى إشارة لكون مجموعة من المجرات لها حافة في أي مكان ، ومن ثم لا يوجد سبب للحدث عن مركز للكون ، أو منطقة تتباعد عنها المجرات .

ومع ذلك ، فلا يسلك المرء نفسه من التساؤل عن وجود حافة للكون في مكان ما ، فيما وراء قدرة مراقبتنا . فبدلاً لانعلم يقيناً أن المجرات تملأ الكون إلى درجة اللانهاية . ولكن حتى لو كان الكون غير لانهائي ، بل شاسع في امتداده فقط . فهناك تصور تكون فيه فكرة الحواف بدون معنى . فباعتبار أن سرعة التباعد تزداد مع المسافة ، فانه عند حد معين ستتجاوز السرعة سرعة الضوء ، وكما بينا في الاعتراف الملحق بالفصل السابق ، ليس في ذلك أي خرق للنسبية . وأيضاً التمثيل بقطعة المطاط مفيد هنا ، فعمل الرغم من كون كل قطعة تتحرك مع مط القطعة ، نالها للعمل ذلك فقط لأن القطعة تمتد ، فليست للقطع أية حركة بالنسبة لمادة القطعة . وب نفس الطريقة ، من الأفضل تصور المسافات بين المجرات تمتد ، بجاءلة المجرات تتباعد ، عن تصور المجرات تتحرك في الفضاء . هذه المرونة للفضاء ، كخصيصة تنبع من النسبية العامة ، تسمح بأن تتباعد المجرات واقفاً بأسرع من سرعة الضوء ، دون أن تمر مجرة عبر الأخرى بهذه السرعة ، وهو ما لا تسمح به النسبية . وعلى ذلك فالانزياح الأحمر يحدث بسبب تطلب زمن أكبر للوصول الضوء إلى الأرض ، فالفضاء البيني قد تمدد بعض الشيء ، ومطت معه الموجة الضوئية .

ومن الواضح أننا لا يمكننا أن نتشاهد المجرات المتباعدة بأسرع من سرعة الضوء ، حيث إن انشعاعها يستحيل أن يصل إلينا . ومن ثم فنحن غير قادرين على الرؤية بعد حد معين ، مهما بلغت قوة مراقبتنا . والحد الذي لا يمكننا تجاوزه في الرؤية ، ولو من ناحية المبدأ ، يطلق عليه الأفق horizon . وكما الأفق على الأرض ، فهو لا يعني أنه لا شيء وراءه ، فقط عدم رؤية ما وراءه من موضعك مهما كان . ومن المؤكد أنه لا توجد حافة للكون على بعد مثل أفقنا ، وأية حافة بعده قد توجد من ناحية المبدأ خارج حدود رصدنا (على الأقل في هذه العقبة) يمكننا تجاهلها ، فهي غير ذات أهمية للكون المرئي .



شكل (٢١) من الممكن أن يكون الفراغ مطلقاً مصحود الحجم .
ولكن بدون حواف . ويمثل ذلك بسطح يكون مطلقاً يمثل الفراغ .
ويمثل النقاط عليه المجرات . كما في شكل ٢٠ . ويمثل المسد
للكون نفعاً لا يكون . في الشكل السفلي يمثل الخط المميز مسير
محيط بالكون .

ولكن هناك إمكانية ألا تكون هناك حواف من ناحية المبدأ . إن
النقطة المطاطية المضروبة كمثل تنبيه لفضاء علماء الهندسة الأفريق ، في
امتدادها الثلاثي . ولكن لو تخيلناها قد تكورت على شكل بالون ،
لما زال بإمكاننا تخيل البقع التي تمثل المجرات (أو كوكباتها) . وأن
البالون يتمدد حاملاً للمجرات بعيداً عن بعضها البعض (الشكل ٢١) .
هنا لا توجد حواف ، بالضغط كما لا توجد حواف للأرض . هذا النموذج
للكون يوصف بأنه « مطلق » ، لأسباب واضحة . والنموذج البديل هو
الكون الممتد بلا نهاية ، ويوصف بأنه « مفتوح » .

هل هناك أية دلالة تشير الى أن الكون مفتوح أو مغلق ؟ من ناحية المبدأ يمكننا الحكم على ذلك بإجراء بعض التجارب الهندسية . فلو أنك تذكر ما قلناه من أن الهندسة غير المستوية تختلف عن الهندسة الإقليدية للأسطح المستوية - وحيث أنه بإمكاننا الحكم على كروية الأرض برسم مثلث على سطحه ، فإن قياس زوايا مثلث يتخيل رسمه في منطقة هائلة في الكون - يمكننا من الحكم على كيفية انحناء الكون من ناحية المبدأ ؟ مثل هذه الآثار قد بعث عنها (مثلاً بعد المجرات في هجوم كروية بأنصاف القطر متزايدة) ولكن آثاراً أخرى طغت عليها .

ومع ذلك ، فهناك طريقة واحدة بدرجة أكثر ، وإن كانت غير مباشرة ، لتحديد إذا ما كان الكون مغلقاً أو مفتوحاً . فوجود المادة هو ما يحدد نفوس الفضاء ، وكلما زادت المادة في الكون زاد أثر جاذبيتها في نفوس الفضاء بين المجرات . وهناك كثافة حرجية ، تساوي تقريباً كثرة هيدروجين في كل لتر من الفضاء ، (حوالي 10^{-29} جراماً لكل سنتيمتر مكعب) تمثل الحد بين انغلاق الكون وانفتاحه . لمادة بكثافة أكثر من هذا الحد ، طبعا للنسبية العامة في صورتها المعتادة ، تعني أن الكون مغلق .

وتشير المشاهدات ، وتعني بها عدد المجرات في حجم معين من الكون ، الى أن كثافة المادة أقل من الحد الحرج بدرجة مضمونة . ولكننا نعلم أيضاً ، من طريقة تحرك المجرات في كوكبات ، وتحرك النجوم داخل المجرات ، (في الحالاتين بصورة غير متأثرة بتسدد الكون) أنه توجد كمية كبيرة من المادة في الكون في صور غير مرئية لنا ، تمارس جاذباً على تلك المجرات . ولستنا جالياً ، على أساس ما لدينا من مشاهدات ، في وضع يسمح لنا أن نلزم إذا كان الكون مغلقاً أم مفتوحاً . ولكنه يخف جالياً عند الخط الفاصل - ومع ذلك ، فدراسات الظروف الأولية لتكون توحى بأن الكون يجب أن يكون مغلقاً ، على أسس نظرية ، كما سنرى في الفصل الخامس ، ويسمى النموذج التفكسي للانفجار العظيم أيضاً ، في نفس الاتجاه أيضاً .

علينا أولاً أن نعطى مزيداً من الشرح حول ما يعنيه مفهوم الانفجار العظيم في علم الكونيات . من المفهوم أنه إذا كانت المجرات تتباعد عن بعضها البعض ، فمعنى ذلك أنها كانت متقاربة . وهذا لهذا المنطق إلى معناه . يلوح للمرء أنه لا بد أن كان هناك زمن كانت مادة الكون فيه منضغطة جداً . ومن الأخطاء الشائعة في فهم الانفجار العظيم والكون المتباعد أن هذه المادة المنضغطة الأولية كانت موجودة في مكان ما من الفضاء السابق على الكون ، وأن شظايا هذه الـ « البيضة الأولية » ، وقد تناثرت إثر الانفجار ، لتطير الآن متباعدة عن مركز مشترك في الفضاء المحيط بها . فكما قدمنا ، فالتمدد يستحسن فهمه على أنه في الفضاء ذاته . حاملاً المجرات معه . وعلى ذلك فحين كانت كل مادة الكون متجمعة معاً ، كان ذلك لأن الفضاء بين المجرات كان متقلصاً (أو بالأحرى لم يتسع بعد) . فالفضاء نفسه ، شأنه في ذلك شأن الزمن والمادة ، خلق في لحظة الانفجار العظيم ، فلم يكن هناك « خارج » حدث فيه الانفجار !

من قانون هابل يمكننا أن نستخلص معدل تمدد الكون . ونحسب إلى الخلف حتى بدأ التمدد ، الزمن الذي كانت المادة فيه منضغطة في مكان واحد . ويخبرنا قانون هابل البسيط أن ذلك كان من عدة بلايين من السنوات ، ومع ذلك ، فهناك أمر دقيق يجب أخذه في الاعتبار . فالكون لا يتمدد على حريته . ولكنه خاضع للجاذبية . ويستتبع ذلك أن معدل التمدد ينخفض بالتدريج . وعلى ذلك ، فقد كان الكون يتمدد بمعدل أسرع في البداية . وباخذ ذلك في الحسبان يكون الانفجار العظيم قد حدث منذ عشرة بلايين من السنوات مضطاً .

ولانخفاض معدل تمدد الكون تأثير هام آخر ، فالمجرات التي تكون متباعدة يأسرع من سرعة الضوء ، ستخلف سرعتها لتدخل دائرة أفق رؤية ، بما يعني أن الألق الكوني يزداد اتساعاً بمرور الوقت ، وأن المجرات التي نراها تزداد بعداً حتى وهي تتباعد عنا .

وإذا ما أخذنا صورة الكون التمدد حرفياً ، وأعدنا الشريط للوراء ، فالقصر الكافى ، فإن حجم الفضاء الحالى يكون قد انضغط للصغر في

البداية ، بمعنى أن الكون كان في حالة انضغاط لانتهائي ، مع ضغط كل مادة الكون في نقطة واحدة ، ويطلق الكونيون على هذه النقطة « مفردة » *singularity* . وطبقا للنسبية العامة ، فإن هذه المفردة تمثل حدا للزمن والفضاء ، لا يمكن رد أي منهما لما وراءها ، فهي بذلك حافة للكون ، وإن كانت حافة زمنية وليست مكانية . ولهذا السبب يعتبر الانفجار العظيم مثالا لأصل العالم الفيزيقي بأكمله ، وليس كاملا للمادة فقط .

ويصبح التساؤل : ماذا حدث قبل الانفجار العظيم ؟ سؤالا بلا معنى ، حيث لم يكن هناك « قبل » ، ومثله « أين حدث ؟ » ، فلم يكن هناك مركز للكون أو حافة ، كما نعرفها في حياتنا اليومية ، فالانفجار لم يحدث في الفضاء ، بل هو المتشعب الذي له .

وهذه نقطة غاية في الأهمية ، نريد أن نزيدها إيضاحا ، حيث أنها مصدر لبس كبير ، بالرجوع لمثال البالون . تخيل أن قطر البالون واصل التقلص ، وهو ما يمثل المودة للانفجار العظيم ، وعادة البالون تشل الفضاء ذاته ، والبالون يزداد صغرا في الفضاء . ففي النهاية التي يصل فيها القطر للصفر ، فإن مساحة سطح البالون تكون قد تلاشت ، ويكون الكون ، بفضائه وكل ما فيه ، ببساطة قد تلاشى في هذه النقطة . لقد كان الانفجار خلقا فجائيا للكون من العدم بمعناه الحرفي ، لا فضاء ولا زمن ولا مادة .

الزمن والكون

يا لها من نتيجة عجيبة تلك التي وصلنا إليها ، الكون بازغ للوجود بهذه الصورة من اللاشيء !! وهي نتيجة وصلنا إليها من خلال صورة مثالية ، فيها يؤخذ قانون هابل على أنه يطبق بكل دقة على كون متشاكل للأجزاء تماما . والواقع أن الكون ليس بهذا التماثل ، فالمادة تتركز في مناطق دون الأخرى ، كالمجرات ، والأكثر من ذلك ، فإنه يبدو أن معدل التمدد ليس بنفس القوة في كافة أجزاء الكون . ولقد يبدو من الوهلة الأولى أن هذا الميود عن المثالية يفسد استنتاجنا من وجود مفردة تشكل

هذا لماضي الكون ، ■ قد تصور أنه مع عدم التماثل لن تصل كافة أجزاء الكون بالضرورة الى نفس النقطة في نفس الوقت حتى تتكون تلك المفردة . ولكن الواقع أنه من السهل اثبات أن تكون المفردة شيئاً لا مندوحة عنه حتى في كون غير متماثل الأجزاء ، طالما أن تأثير الجاذبية يمارس قوته في اتجاه التجاذب .

ذلك أن هذه المفردة قد شجعت بعض الكونيين على افتراض صورة من الجاذبية المضادة يمكن أن تتكون في ظل الظروف الاستثنائية للانفجار العظيم تمنع تكونها . ومن التصورات المحتملة أنه قبل الانفجار العظيم كان الكون متكشفا بصورة ما ، ومع زيادة التقلص تحولت الجاذبية الى جاذبية مضادة جعلت الكون يرتد متصفاً ، وهي المرحلة التي نسميها الآن .

ولكن هذا يزيل مشكلة في مقابل خلق أخرى ، فلو أن الكون لم يخلق في لحظة محددة من مفردة ، فإن ذلك يعني أنه سرمدى الوجود ، وهذا يستتبع أن العمليات الفيزيائية كانت نشطة منذ الأزل . ولكن المؤكد أن هذه العمليات محفوفة الأثر وغير قابلة للاسترجاع . فالنجوم ، على سبيل المثال ، لا تطفئ للأبد ، فسألها الى استنفاد وقودها متناهية على نفسها ، ربما الى قلب أسود . ومخزون المادة لتكوين نجوم جديدة محدود ، ومن ثم فلا يمكن أن تكون هذه العمليات اللاانكاسية مستمرة الوجود منذ الأزل .

وقد يرد على ذلك بالقول ان مرحلة التحول الى التمدد تبخر المادة تماماً ، ثم تميد تشكيلها ، ماحية كل أثر للرحلة السابقة . ولكن هذا يفترض مهبطاً جوهرياً في الفيزياء ، يسمى القانون الثاني للديناميكا الحرارية (الثيرموديناميكا) ، والذي يضع قيداً صارماً على ما يمكن تحقيقه من عملية دورية ، وعلى وجه الخصوص ، فهو يمنع ، كما سنرى بعد قليل ، أية عملية تميد الكون كما كان بالضبط في مرحلة سابقة . ولهذا الأسباب يميل الفلب الكونيين الى الاعتقاد بأن الكون ذو عمر

- محدود ، وإن الانفجار العظيم يمثل بالفعل بداية خلقه من الصفر .
- والنتيجة المترتبة على ذلك بالضرورة هي أنه بما أن للكون « ميلاد » ،
- فلابد وأن له « وفاة » .

هل الكون يصوت ؟

ترتبط اجابة هذا السؤال ارتباطا وثيقا بملم الديناميكا الحرارية ، وبلممنا لطبيعة الزمن . ذلك أنه مهما كان اختلاف المساعدين لطبيعة « الآن » ، فانه اذا كان للكون ميلاد في لحظة ما ، وموت مرتقب في لحظة أخرى ، فانه يكون لدينا مؤشر اساسي لسريان الزمن بين البدء والنهاية .

وقد بدأ مفهوم الموت المحتمل للكون على يد عالم الفيزياء الألماني هيرمان فون هلمهولتز Hermann von Helmholtz ، في عام ١٨٥٤ .
لقد أعلن عن المصير المحتوم للكون ، على أساس من مبادئ علم وليد هو الديناميكا الحرارية ، وعلى وجه الخصوص القانون الثاني منه ، والذي يتنادى بالنصر النهائي للتوضى والمتوالية على النظام . لقد تصور الكون وقد بدأ منضبطا تماما ، ثم اخذ في الانزلاق التدريجي المحتوم نحو ما نطلق عليه « الموت الحراري » ، حالة من الاتزان الحراري بين كافة أرجاء الكون . بعد أن استهلكت كافة صور الطاقة الملمية ، وتحولت الى طاقة مقمقة ، مما يستحيل معه اجراء أى نشاط مفيد . هذا الانزلاق وحيد الاتجاه من النظام الى المتوالية يمثل اتجاها واحدا للزمن ، يميز بين الحاضر والماضى والمستقبل . سهم مألوف لنا تماما في حياتنا اليومية من حقيقة أن الأشياء يصيبها القدم ، للمادن تصدأ ، والناس تشيخ . وهكذا . فهذا السهم ثابت على المستوى الكوني ، بادئا من الانفجار العظيم طبقا . الا أن هلمهولتز لم يكن يعلم شيئا من هذا النموذج لبدا الكون حين صاغ نظريته .

وكمشال بسيط لامتحالة التمرر التلقائي من التوضى للنظام ، تصور اورداق اللب وقد خلقت بعد ترتيب وتصور استحالة عودتها لأصلها بمجرد الاستمرار فى عملية الخلط . فزيادة الخلط تؤدي حتما

لزيادة العشوائية ، ولن نعيد الترتيب مرة أخرى ، ولو أننا اطلعنا على شريط سينمائي معين به لحظة الترتيب ، فسنعلم بالبدئية إذا كان سرعته صحيحا أو منكسا ، بحسب ما إذا كانت لحظة الترتيب هي البداية أم النهاية .

لما اللقطات المتوالية للأوراق وهي غير مرتبة فلا تظهر لنا في أي اتجاه يتحرك الشريط ، ولستخلص من ذلك أنه إذا كان بإمكاننا تعديده في أي اتجاه يتحرك الشريط ، فإن سهم الزمن يكون عمالا ، أما لو تعلم علينا ذلك ، وبدأت العملية منطقية في أي من الاتجاهين ، فإنه لن يكون للزمن معنى ، أو مفهوم معين ، يكون الزمن قد توقف .

ومن السهل أن نعطي وصفا كيميا لدرجة العشوائية في النظم الفيزيقية ، وهو ما يطلق عليه « الانتروبيا » ، وفي النظم المثقلة ، لا يمكن لها أن تقل ، وشرط كون النظام مغلقا عام للغاية ، ففي النظم المفتوحة ، يمكن للانتروبيا أن تقل ، ولكن على حساب زيادتها (زيادة العشوائية) في نظام آخر ، خط مثلا تكون البلورات ، فعلمية التطور ينتج عنها فقد حرواق يتشتت في الكون ، مزيدا من الانتروبيا فيه .

وكان أول بحث في سهم الزمن على يد لودفيج بولتزمان **Ludwig Boltzmann** ، والذي درس السلوك الاحصائي لأعداد الجزيئات الكبيرة ، وتبين مصادته من قول نظرية أن الانتروبيا في صندوق مغلق ، بالغاز تزداد باطراد لو تركت جزيئات الغاز تنتشر في عشوائية ، بمعنى أن العشوائية تنير مزيدا من العشوائية بين جزيئات الغاز ، ولكن هذا يتبر تناقصا على الفور ، فقوانين الحركة المطبقة على الجزيئات (قوانين نيوتن) مبنية على الانضباط ، فهي متماثلة بالنسبة للزمن ، فمن ناحية الجدا يمكن عكس سهم الزمن (تخيل حركة كرات البلياردو) دون اختلال بها ، ولكن انعكاس سهم الزمن بالنسبة للصندوق يؤدي لتقليل العشوائية ، وانعكاس الانتروبيا ، فكيف تحايل بولتزمان على تماثل الزمن في حالة النشاط الجماعي للجزيئات ؟

في الحقيقة ان صندوقاً مستطوفاً يمثلنا بجزيئات الغاز ويضع قوانين نيوتن تماماً لا يشترط له أن يحتوي على سهم الزمن . فمن المحتمل . بعد قدر مبالغ في طوله (أطول من زمن الانضغاط العظيم بكثير) ، أن نتصور أن الحركة العشوائية الدائمة تمر بكل الحالات المتاحة ، بالضغط كتحليلنا أن استمرار خلط الأوراق لفترة غاية في الطول يمكن أن يعيد ترتيبها . ان ما تبينه حسابات بولتزمان هنا هو أنه اذا كان الغاز في درجة من الانتظام المقابل لانتروبيا منخفضة في لحظة معينة . فإن الاحتمال الأكبر هو ان تكون اللحظات التالية في اتجاه يصل بها الى توازن من عشوائية كاملة ، أو درجة قصوى من الانتروبيا . ولكن هذا ليس توازناً مطلقاً ، فالتشوهات الاحصائية ستحدث بحيث يجد الغاز نفسه وقد عاد الى حالته الأولى من الانضغاط . وتعاد الدورة . ولكن هذا يقتضي وقتاً غاية في الطول .



(أ)



(ب)

شكل (١ ٢٢) غاز محبوس في نصف صندوق (ب) حين يزال الحاجز . يستمد الشكل أيضاً للصندوق بأكمله - الحالة الأولى لكثير النظام من الطاقة ، وبالتالي فهو أقل من حيث الانتروبيا - والتمدد غير المتماثل من حالة الانتروبيا المنخفضة الى المرحلة تمثل سهم الزمن الترموديناميكي .

أذن ، ما مصدر سهم الزمن الذي نلاحظه في حياتنا اليومية ؟
تكمّن الإجابة ليس في قوانين الحركة الجزيئية ، بل في الظروف الأولية

للفاز . فقد أثبت بولتزمان أنه إذا كان غاز جأ في درجة انضباط نسبية . فإن الانتروبيا فيه سوف تكون زيادتها أكثر احتمالا ، ولكن الموضوع الحقيقي هو كيف تحقق النظام في البداية . في الواقع لم يكن ذلك أبدا نتيجة انتظار فترة غاية في الطول . ولكن بسبب أن الكون بأكمله يتقدم من مرحلة منخفضة الانتروبيا إلى أخرى مرتفعة فيها . ويمكننا هذا من أن نخلق وضعا يكون فيه الفاز ، مثلا ، محتوي في حين من صندوق مزود بفاصل محكم ، كما هو مبين في الشكل (٢٢) . وفي هذا الصندوق توجد درجة من النظام تصبح غير موجودة لو أزلنا الفاصل ، وملا الفاز الصندوق بأكمله . وتطبق هذا الفهم من النظام الأولى لم يتم بلا تكلفة . بل نتيجة نشاط عملي . من صناعة الصندوق واحكام الفاصل فيه . هذه الأنشطة زادت من الانتروبيا للكون بأكمله والانتروبيا المنخفضة المتمركزة في جزء من الصندوق هي وقتية ، تزال عندما يخل باحكام الفاصل بين الجزئين ويتسرب الغاز ليلا الصندوق . مما يرفع الانتروبيا مرة أخرى .

كل ذلك ممكن لأن الأرض نظام مفتوح ، تصرف الطاقة التي يأتي للحرر الغالب منها من الشمس . والتي هي مشكال كلاسيكي للتوازن الديناميكي الحراري ، كرة ممسجة من غازات حارة ثبت طاقتها الهائلة في اتجاه لانتمكاس في الفضاء البارد من حولها . وسهم الزمن الذي نقابله في حياتنا اليومية هو بسبب قربنا من هذا المصدر الهائل من الطاقة في السماء ، والذي يمثل دلوًا من الانتروبيا السالبة يمكننا العرف منه . لتعيد النظام على كوكبنا .

ولكي نتتبع نشأة سهم الزمن إلى منشئه . علينا أن نعرف كيف وصلت الشمس لحالة من الانتروبيا أقل من الحالة القصوى ، والتي تسمح لها ، بل وتضطرها ، إلى بث طاقتها في الفضاء . وحيث أن الشمس هي نجم مثل كثير غيرها ، فالمسألة كونية . كيف يوجد الكون حاليا في مرحلة عدم توازن ، فيه طاقة متمركزة في أماكن دون الأخرى ؟

وليس هذا السؤال جديدا ، فقد طرحه من قبل ، وصيغة مختلفة فيليب ، الفلكي السويسري لير القرن الثامن عشر جين فيليب دي شامسو

Jean-Phillip de Chéseaux، ثم أساعده معه توماس الأتاني جبرمان وأولبرز German Olbers، قبل أن يحل أخيراً في القرن العشرين • واللغز الذي حير دى شاسو وأولبرز • من بين آخرين • هو أنه لو كانت النجوم تبتبعشعاعها المرادى وخسوسها منذ الأزل • لكأنت المناطق بينها ممتلئة بالإشعاع • ولأبت السماء مضيئة على الدوام • ورغم أن المسألة لم تطرح بهذه الصياغة حتى القرن الحال • فإن فدعوا من اللغز يكمن في كون الفضاء أبرد من النجوم • لماذا لم ينطق التوازن الترموديناميكي للكون ؟

وتأني الإجابة ليس من تطبيق قواتها الفيزياء على الكون اليوم • بل كما كان في ظروف نشأته الأولى • ولم تكن الصياغة الأولى تنطسمن طرولاً أولية • حيث كان ينظر للكون على أنه سمرمدى • هذه النظرة لم تعد سارية اليوم • وإن أحد الأدلة الدامغة على أن للكون طرولاً أولية هو في الواقع ظلمة السماء في المساء • فالنجوم تولد طاقاتها بحرق الهولود النووي • بتحويل العناصر الخفيفة (أساسا الهيدروجين) إلى عناصر أثقل • بدءاً من الهيليوم وانتهاء بالحديد الذي هو أكثر العناصر استقراراً نووياً (أعلاها انتروبويا) • وفي تحويل الهيدروجين إلى حديد يكون النجم قد تسبب في زيادة كبيرة في الانتروبويا • بإطلاقه كل هذه الطاقة التي كانت في الأصل محبوسة في النواة • على صورة إشعاع انتشر إلى أقصى أجزا الفضاء •

علينا إذن الرجوع إلى الوراء أكثر • لأصل الهولود الهيدروجيني الذي مكن من هذه العملية • ويرجعنا هنا لقرابة خمسة عشر بليوناً من السنوات في الماضي • إلى لحظة الانفجار العظيم • ويستنبط العلماء الفلكيون من دراسة معدل تمدد الكون والخلفية الإشعاعية الكونية • أنه بعد ثانية واحدة من المفردة الأولية كانت درجة حرارة الكون عشرة بلايين من الدرجات • وهي درجة من الارتفاع تحول دون تكون أنوية العناصر • وكانت مادة الكون عبارة عن حساء من المكونات الأولية للذرات (بروتونات والكترولونات وتيوترونات حرة) مع • جسيمات أولية • أخرى • وبهبوط درجة الحرارة • بدأت الجسيمات الذرية في التجمع في أنوية • بنسبة

٢٥٪ من الهيليوم ، وأقل من ١٪ من العناصر الأثقل ، وحوالي ٧٥٪ من الهيدروجين .

هذه الفترة من الانعاج في أئونة استغرقت مجرد عدة دقائق ، وتوافقت لأن درجة الحرارة هبطت عما يسمح لها بالاستمرار . ولهذا السبب ، نجد ، القدر الأكبر من الحصول الذرى على صورة هيدروجين . وهي حالة الانتروبيا المنخفضة التي تمايشها اليوم . فكل في داخل السجوم ، حيث تولد المجاذبية ضغطا هائلا ، تبلغ درجة الحرارة ما يماثل المقادير القليلة بعد المقدرة الأولية ، بما يسمح باطلاق عملية التمدد الأولى مرة أخرى ، واستمرار انزلاق الكون الى مصيره المحتوم من الموت الحرارى . ان هذا الرصيد المتبقى من الهيدروجين هو الذى يتيح اجراء الأنشطة الناعمة . وهي الأنشطة التي يشتمل فيها سهم الزمن .

ولكننا نواجه عندئذ بلفز آخر ، لو كان الكون قد بدأ بحالة منخفضة من الانتروبيا ، منها يفوى بالتدرج في عملية غير انعكاسية ، لكاننا نستنتج أن الكون في مراحله الأولى كان أبدا ما يكون من حالة التوازن الترموديناميكى (أى حالة الانتروبيا القصوى) . ومع ذلك فإن لدينا شواهد أن الكون بعد ثانية كان في حالة قريبة من تلك الحالة . فالخلقية الإشعاعية ذاتها ، وانتظام توزيع المادة على النطاق الواسع ، والتفسير البسيط لمعادلات النسبية ، كلها تؤدى لنفس النتيجة . فكيف سار الكون من التوازن الى عدم التوازن ، بينما تتطلب قوانين الفيزياء أن يكون العكس هو الصحيح ؟ وبعبارة أخرى ، لو كان الكون ساعة تسير بانتظام وببطء الى التوقف ، فكيف مثلت في البداية ؟

تكن الإجابة في تمدد الكون . ان هذا التمدد هو الذى تسبب في ان تبرد المادة الكونية . لم يكن لنجم مثل الشمس أن يظل في مواجهة الحرارة الحادثة بعد المقدرة الأولية إلا لعدة دقائق . انها لم تظل موجودة بسبب حرارتها ، بل بسبب برودة الكون التى هي بفضل تمدده . ان هذا التمدد هو الذى يسمح للنجوم أن تظل متوهجة على خلفية من برودة الفضاء . وفي هذا الخصوص لا يعتبر الكون نظاما مغلقا بصورة مثالية ،

حيث انه في تمدد مستمر ، بالضغط كما لو كنا مستقرين في تحريك
الفاصل في صندوق الغاز ، بحيث لا يسمح للغاز أن يستقر - فالتمدد
يعطينا عدم التوازن الترموديناميكي الأساسي الذي يعطى سهم الزمن
اتجاهه -



شكل (٢٣) تطور سحابة غازية متجانسة - تمت تأثير جاذبيتها الى حالة من
التكثف لتجميع فيها المادة على شكل نجوم ، ويمثل هذا سهمًا آخر للزمن -

ولكن هذه الإجابة مقنعة فقط الى هذه النقطة ، فسهم الزمن المتولد
عن الديناميكا الحرارية هو واحد من كثير ، فلدينا سهم متولد عن
الجاذبية - فنظم الجاذبية لها ميل طبيعي للتقدم من التشكيلات المنتظمة الى
غير المنتظمة ، كما تتشكل سحابة غازية في الفضاء في شكل نجم.
(الشكل ٢٤) - والنصر النهائي لهذا الطريق وحيد الاتجاه هو الثقوب
السوداء - حيث تتشكل المادة بشدة تجعلها تنهار لدرجة الاختفاء من
الأنظار - وحقيقة أن الأنبياء يمكن أن تسقط داخل الثقوب السوداء ، ولكن
لا يمكن أن نخرج منها هي مثال واضح للاتماثلة الزمن - فالشريط السينمائي
لا يمكن أن يتمكس (الشكل ٢٤) - ويتقدم الكون تجاه الموت الحراري، يتحول.



شكل (٢٤) : يمثل الخطب الأسود الذي عبوره الشمس الجليدي ، فاجسام الذي يعكس
فيه لا يفلت منه أبدا ، ويمثل ذلك سهم الزمن للتجارب المارة -

قلد أكثر من المادة الى تقوب سوداء . - وقد بين روجر بنزود من جاسمة أوكسفورد أن الانثروبيا للكون المرئي هي مجرد ١٠-٢٠ من قيمتها التي يمكن أن تكون لو أن كل ما فيه من مادة قد تركزت في تقب أسود، ويشير هذا السؤال التالي: لماذا كان الكون المبكر كوناً من سحب يكاد يكون منتظماً من الغاز . لذا كان الوضع الأكثر احتمالاً (الأعلى من وجهة نظر الانثروبيا) هو تكتل المادة في تقوب سوداء ؟ لماذا لم يتجه الانجبار العظيم مباشرة الى التقوب السوداء ؟ والدلالة على هذا التوزيع المنتظم للكون البدائي تأتي كما أننا من التوزيع المنتظم للخلفية الإشعاعية للكون . لهذه الخلفية كانت ستحصل بصفة من عدم الانتظام في مراحل الكون الأولى ، ولكنها كما سنذكر في الفصل الخاص منتظمة بنسبة واحد الى ١٠٠٠٠٠ .

ولكي نوجز ما قصصناه الى الآن ، يبدو أن هناك على الأقل ثلاثة أسهم للزمن : ترموديناميكي وجاذبي وكوني . ويكاد يكون من المؤكدة وجود رابطة بينها . فحالة الانثروبيا للمنطقة يمكن تتبعها في التمدد الكوني . والتعدد الكوني ذاته هو مثال للنشاط التجاذبي في الكون . وليل العام للنظم المتجاذبة لتتطور من غلاظة سحابية الى تكتل نجسي، ويشير مثلاً لتعدد الكون في النظام والفراد . وهكذا فإن تمثيل سهم الزمن يبدو أنه مرتبط بتمثيل السلاسة والانتظام التي كان عليها الكون البدائي . هل السبب يكمن في أن الكون « خلق بهذه الصورة » ، أو بعبارة أخرى ، أنها بداية اعتباطية تخرج من مجال العلم ؟ . أم أنه من الممكن أن نجد تفسيراً لسلاسة الكون عن طريق نظرية عن أصل الكون ؟ هل أي من الاحتمالين ، لكه تبين سهم الزمن الى خلق الكون ذاته ، والعمليات التي جرت في كسر التناحية التي تلت .

قبل أن نترك المناقشة عن سهم الزمن لكي نتحدث عن الكون البدائي، علينا أن نقول شيئاً ملفزاً آخر حول طبيعة الزمن . فهما كان الفراء بشأن لفز أصل سهم الزمن ، فما من شك في أن السهم موجود ، وهو الذي يميز بين الماضي والمستقبل . ولكننا قد قلنا أن النسبية ليس فيها مكان للماضي والحاضر والمستقبل ، فكيف نوفق بين هذه الحقائق ؟

الزمن والوعي

كما قدمنا في مناقشتنا للتواتر (الشكل ١٤) ، فإن « متصل » الزمكان الموحد يعني ضمناً أن الزمن « يمتد » في كليته ، مثل المكان . فليس من معنى مطلق يمكن أن نلحقه بفهوم « الـ » حاضر ، والأكثر من ذلك ، فإن فكرة « سريان » الزمن أو أن اللحظة الحاضرة تسرى من الماضي للمستقبل ليس لها مكان في وصف العالم . هذه المسائل أوجزها بلباقة الفيزيائي الألماني هيرمان ويل بقوله : « العالم لا يحدث . انه ببساطة يكون » .

كثير من الناس يخلطون بين وجود سهم الزمن والانطباع السيكولوجي بأن الزمن يسرى في اتجاه واحد . ويرجع ذلك جزئياً لمفوض الترميز الخاص بفكرة السهم ، والذي قد يستخدم ليبرر إما عن الحركة في اتجاهه ، وإما للتمييز عن اللاتماثل ، كما تميز ابرة البوصلة عن التمييز بين الشمال والجنوب . فحين تشير الابرة للشمال ، فذلك لا يعني أنك تتحرك في اتجاه الشمال . كما أن الخلط يحدث نتيجة لعدم الدقة لسويا في استخدام مصطلحي « الماضي » و « المستقبل » . فكل المصطلحين لهما مكان في الفيزياء ، بشرط استخدامهما في صياغة صحيحة أجروميا . فالحديث عن « الماضي » و « المستقبل » غير مسموح به . ولكن بإمكانك القول ان لحظة ما هي ماضى للحظة تالية . فليس من شك في ترتيب الحوادث في الزمن . بالضبط كما تتوالى صفحات كتاب في الفراغ ، في تنايع منضبط . والأكثر من ذلك ، هذا الترتيب كما يجري ترتيب الكتاب ، يحمل اتجاهها مصحوباً به ، حتى وإن لم يكن هناك شيء حقيقي يسرى . فأولاً وآخرها ، تتطلب فكرة السببية نوعاً من علاقة « قبل - بعد » للحوادث . فكمثال بسيط ، حين تطلق رصاصة على هدفه ، وتراه يتحطم ، فلن يكون هناك شك في ترتيب الحوادث بالنسبة لأي مشاهد . فالنتظيم حدث بعد الاطلاق ، فالنتيجة تلح دائماً كاستقبال بالنسبة للسبب .

ولكننا حين نشير لسهم الزمن ، لا يجب أن نفكر في سهم يظهر في

الفراغ من الماضي للمستقبل . بل علينا أن نفكر في سهم مثل ابرة البوصلة ، يشير لطريق للمستقبل . حتى ولو لم يكن هناك تحرك تجاهه .

ولقد تجادل الفلاسفة طويلا حول الموضوع الشائك : هل اللحظة الحاضرة حقيقة موضوعية . أم مجرد اختراع سيكولوجي ؟ فالوثك الذين هم من أمثال هانز ريشنباخ Hans Reichenbach و J. Smart و G. Whitrow والذين اتجهوا الى حقيقة الحاضر يعرفون باسم « المنظرون فئة (أ) » . بينما يطلق على معارضيههم ، من أمثال آي. آي. Ayer و J. Smart وأدولف جرينباوم Adolph Grünbaum « المنظرون فئة (ب) » . ويمكن المصطلحان أ و ب وجود نموذجين متباينين للحديث ، الأول يستخدم مفاهيم الماضي - الحاضر - المستقبل وما يتعلق بها من أزمنة قاعدية منتشرة في اللغة (٢) . أما النظام الثاني فيستخدم نظام التواريخ ، فالأحداث تمنون بتاريخ حدوثها . بدأ كولومبوس في الإبحار ١٤٩٢ ، أول هبوط الإنسان على القمر ١٩٦٩ ، وهكذا . ويفيد هذا في وضع الحوادث في ترتيب لا يشتر غموضا ، وهو النظام الذي يستخدمه الفيزيائيون . فالتواريخ هي ببساطة أحداثيات ، بالضببط كما تستخدم خطوط الطول والعرض لتحديد موقع على سطح الكرة الأرضية . ومن وجهة نظر الفيزيائيين ، فهذا هو كل ما هو مطلوب لوصف العالم .

ويذهب الفريق (ب) الى أن هذين النظامين للحديث عن نفس الترتيب للأحداث لا يمكن أن يكونا متوافقين . فحيث أن اللحظة الحاضرة تتحرك باستمرار للأمام ، فالحوادث التي تعتبر مستقبلا سريعا ما تصبح حاضرا فاضحا . ولكن لا يمكن عنونة حادثة معينة بالتاريخين الثلاثة ، كماض وحاضر ومستقبل .

وتتعلق مضلة أخرى في رأيهم بمسألة مدى سرعة التحرك في الزمن . والإجابة يمكن حفظ أن تكون ثانية كل ثانية . (أو أربع وعشرين ساعة كل أربع وعشرين ساعة) وهو ما لا يفيدها بشئ . فهو مجرد لغو .

لمفهوم التغير يعنى قيما متغيرة فى النقطات المختلفة ، ولكن أى شئ يعنى تغير الزمن بالنسبة للزمن ؟

وقد تناول المشكلة فى المستويات الأخيرة كاتب خيال يعنى جى . دن J. Duan ، والمضى اخترع شيئا أسماه الزمن المتسلسل ، وقد قبل دن فكرة أن الحاضر يتحرك ، ولكنه أدرك أن هذا له معنى فقط لو ادخلنا ملياسا آخر للزمن ، يسكن بالنسبة اليه تحديد تقدم الزمن الأول ، ثم عد الفكرة باقتراح زمن ثالث ورابع وهكذا ، فى تتابع غير منته ، وحاول دن ربط هذه المستويات المختلفة من الزمن بطبقات وعينا ، باقتراح أنه أثناء الأعلام يمكن أن يكون الإنسان فى الزمن ١ ، يسا يمكنه من رؤية الحاضر والماضى والمستقبل ، وليس من المستغرب ألا تؤخذ فكرة دن بجدية لا من الفلاسفة ولا من العلماء ، ولكنها تبين معنى الصعوبة الكامنة فى أخذ مفهوم سريان الزمن بجدية .

وعند هذه النقطة سوف يترضى القارىء المتشكك والجعل التقليدى يسير كالتالى : « مهما كان ما يقوله العلماء أو الفلاسفة ، فما لا شك فيه أن الأمور تحدث ، أن هناك تغيرا لا شك فيه ، فانا أعايشه مباشرة مباشرة » فمثلا ، كسر معنى قديم القهوة : ولقد حدثت الجاذبة فى الرابعة ، وقد كان التغير للأسوأ ، أن فنجان القهوة الآن مكسور ، ولم تكن فى الصباح » .

ولسوف ترد الفة (ب) بأن ذلك ما هو الا خداع : « كل ما تقولونه هو أنه قبل الرابعة كان القدر سليما ، وبعد الرابعة كان مكسورا ، وعند الرابعة كان فى حالة بينية » هذه الطريقة من الوصف ، وهى طريقة الفة (ب) ، تحصل نفس المعلومات عن الحوادث المتصلة بالقدم ، ولكنها لا تشير بأية حال لسير الزمن ، ليس من دواعي الحديث عن كون القدر قد تغير الى حالة الكسر ، أو أن هذا قد حدث فى الرابعة ، كل ما هناك تناقض وحالات ، وليس من دواعي المزيد .

ويمكن في الواقع لفظة (ب) أن تعني لأبعد من ذلك ، بالقول بأننا لا نقيس الزمن إطلاقاً بصورة مباشرة ، إن ما نقيسه واقفاً هو شيء ملموس ، كمكان عقرب الساعة على مينائها ، أو موضع الأرض بالنسبة للشمس . فنعلمنا نقول إن شيئاً ما قد كسر في الرابعة ، فإن ما نعتيه في الواقع أن حالة سلامة الشيء تتفق مع وضع عقرب الساعة عند الرقم ٤ ، وحالة الكسر عند موضع للمعرب بمسد هذا الرقم ، وبهذه الطريقة نحكي تماماً أية إشارة للزمن في وصف العالم .

وقد ترد الفظة (أ) بأن مفهوم تغيير وضع عقرب الساعات ذاته يتطلب إشارة للزمن ، ما لم يكن هو أيضاً مرتبطاً بشيء ما ، كحركة دوران الأرض . وعندئذ تنتقل المشكلة الـ دوران الأرض ، وهكذا .
لما نهاية هذا التسلسل ؟

مرة أخرى ، نجد أنفسنا مجبرين على التأمل في الظروف الأولية . فالساعة النهائية هي الكون نفسه ، والذي يتمده بعدد الزمن الكوني ، ويبدو أن هذا يحمل حظي عاماً ، كل من سهمي الزمن الترموديناميكي والفلسفي يبدو أنهما يجهدان أصلهما في تمده ، في سهم الزمن الكوني . ولكن حين نحاول دراسة أصول هذا التمدد بمعرفة أفضل وصف علمي في الميكانيكا ، ميكانيكا الكم ، نجد أمامنا مفاجأة مدعشة ، إذ يختلف الزمن الكوني من المصادقات تماماً ! فمحاولات الجاذبية التي تحكم حركة الكون تفرض قيماً له أثر في النفا بعد الزمن . وعلى ذلك فكل التغيرات يجب أن تقاس من طريق الترابط ، وفي النهاية يرتبط كل شيء بسهم الكون . فأي تصور لمعاشر يتحرك قد ذوي كلية ، بالضبط كما ادعى رجال الفظة (ب) دائماً .

ولكن ماذا عن حقيقة احساسنا بأن الزمن يسرى ؟ تذكر أن آينشتاين قد تحدث عن خداع ، والخدع المتعلقة بالحركة تصادفها في مواضع أخرى ، والآلاف منها هو الدور ، فنعلمنا تركيب مركبة تدور بسرعة ثم نتوقف فجأة ، ينتابك احساس طاع بأن الكون يدور من حولك ؟ ولكنك

نعلم يقينا بأنك متوكل . ربما كان إحساسنا القوي بمرئان الزمن هو نوعا من هذا الخداع ، وأنه مرتبط بالطريقة التي بها تعمل ذاكرتنا .

والنقاش أبعد من أن يكون كافيا . فعلى الرغم من أن القدر الأكبر من الحجج هي في صف الفلة (ب) ، وضد حقيقة موضوعية عن حاضر يتحرك ، فيبدو أنه من المستحيل أن نرسي الموضوع وراء ظهورنا كلية . ألا يحتمل أن هناك وجهاً للزمن لم ندركه بعد ، هو الذي يطلقو في الطريقة المبهمة وغير الكاملة لأدراكنا لتحرك اللحظة الحاضرة ؟ لقد تكلمنا من قبل عن الهيولية ، والتي تدعو روح الحتمية النيوتونية من النظرة للعالم ، وبالنظر للمستقبل على أنه غير متوقع ، فهو لم يعدد بالحاضر بعد . إن أحد أفرع العلم التي سنتناولها بالتفصيل في الفصل السابع ، تتضمن النظرية الكمية ، والتي تخبرنا أن هناك قدرا كاملا من عدم اليقين نصادفه في حوادث المستوى دون الذري . وفي ميكانيكا الكم ، يوجد العديد من أنماط الحوادث المستقبلية ، بمفهوم ما ، إلى أن يقوم المشاهد التمدد من أنماط الحوادث المستقبلية التي يقر بوجودها جميعا ، رغم تمارض احتمالاتها ، إلى أن يقوم المشاهد بتحويل أحد الاحتمالات المفترضة إلى واقع . هذا التحويل الجوهري ربما يكون مرتبطا تماما بصور ما بالمفهوم الهلامي لمرئان الزمن .

ورغم ما في هذا القول من عدم الإرضاء ، فقلنا أن نقر بأننا هزمتا في محاولة تحديد ماهية الزمن ، وأن نبعت عن بديل مؤقت لتصوراتنا الحالية عن مرئان الزمن في محاولة الأصل والنهاية المحتومة للكون . ومع ذلك ، فهنا الاعتراف بالهزيمة في حد ذاته يبين مدى الحاجة إلى إطار فكري لما بعد النيوتونية ، إشارة إلى أنه يوجد المزيد عن الكون بما لا يمكن لنظرياتنا العلمية استيعابه . الآن ، إلى أي مدى يمكن لعلم القرن العشرين وصف أصل المكان والزمن ؟

هوامش الفصل الرابع

(١) يمكن للتاريخ الملم بهذا الموضوع مراجعة كتاب « الملائكة الأولى » ، ترجمة الدكتور محمود الرضائي، منشأة المعارف، جامعة عين شمس ، من منشورات « الفن للفن » ، ٩٦ شارع ٢٦ يناير ، القاهرة - (المترجم) .

(٢) تكبر هذه الحجرة في السماء ككافة ياغت الضوء ، ومن ثم كانت المصعدان ، الأولى ، وهي انطلاقة مع التسمية الانجليزية ، لتقبل رجلا يتساقط الثبن من أثناء معه ، والثانية يتساقط الثبن من حجرة يتلقاها - (المترجم) .

(٣) ربما يستلزم واحد ، هذه القصة القسويين أن شمس الهويين : Hopi هي شمال أمريكا لا يميزون في لغتهم بين الأزمنة الثلاثة ، وليست لديهم أية وسيلة للتعبير عن سريان الزمن . وبالتالي فهم تتميز الأحداث بكونها إما « حاضرة » أو « متطورة » .

الفصل الخامس

الثانية الأولى

في عام ١٩٧٦ كتب الفيزيقي ستيفن فاينبرج Steven Weinberg كتاباً أسماه « العلاقات الثلاث الأولى » (١) . يصف فيه المراحل المبكرة من الكون ، الانفجار العظيم ذاته . ولكن عنوان الكتاب يحتوي على غمضة بسيطة ، فالمغصاة التي حكاهم فاينبرج عن كيفية تحول الحالة متناهية الانضغاط للمادة الأولية الى كون متعدد ، توزعت في المادة بالنسبوى في أرجاء الفضاء، على هيئة هيدروجين بنسبة ٧٥٪ وهليوم بنسبة ٢٥٪ تقريباً انتهت بالفعل بعد ثلاث دقائق من المفردة الأولية ، ولكنها أيضاً بدأت بعد جزء من المائة من النسبانية من تلك المفردة ، أى ليس في البداية بالضبط . في ذلك الوقت كان الفيزياليون أبعد من أن يستطيعوا الدفع بنظرياتهم الى الانفجار العظيم ، وما حدث خلال الجزء من المائة من الثانية الأولى كان بالنسبة لهم مبهماً . والأآن ، بعد أقل من عشرين عاماً ، يتحدث بعض المنظرين بثقة عن حوادث حدثت خلال هذه الفترة ، ولكنهم لا يزالون عاجزين عن الرجوع الى لحظة للمفردة ذاتها ، ليس عن عجز في نظرياتهم ، فقد صار منغلقاً تماماً على أن هناك جزءاً من الزمن لا يمكن تجزئته ، يسمى « زمن بلانك » Planck's time . ان هذه الصفة الكمية التي أعطيت للزمن كان تعنى ضمناً أن الزمن « بدأ » بمعنى محدد ، عند عمر للزمن مقداره 10^{-43} من الثانية . فالمفردة ذاتها لا يمكن سبر هودها . فما عومل من قبل على أنه المفردة ضاع في خضم التأثيرات الكمية .

وفهمنا لتاريخ الكون في الثانية الأولى من عمره يقف على قدم المساواة مع فهمه في المئات الثلاث الأولى في منتصف السبعينيات ، وفي خلال الثانية الأولى حدثت الصلبيات التي استوى فيها الكون المرئي وجملته يسير إلى حالة الانتروبيا المنخفضة؛ لكني تظهر في تاريخ لاحق للكثير من الأشياء مثيرة ، بما فيها نحن .

ويعني الانفجار العظيم حسنا ليس فقط ظهور المادة والطاقة ، بل أيضا الفضاء والزمن . وزاوجت روابط الجاذبية الزمكان بالمادة ، حيثما يسر أحدهما يتبعه الآخر حتما . فالانفجار العظيم هو الماضي الأقصى للكون المادي بأكمله ، وهو الذي يمثل بداية الزمن ، فليس له « قبل » . هذا المفهوم المثير كان متوقفا منذ عهد يمين من القديس أوجستين ، والذي كان يردد أن العالم قد خلق « من الزمن » وليس في الزمن » .

ولقد جادل الفلاسفة ورجال الدين كثيرا حول المعنى الحقيقي للمخلوق « مع الزمن » . فوالدة كهذه يجب أن تكون بدون سبب مسبق ، لأن السببية ذاتها مفهوم مرتبط بالزمن . ويعتبر الفلز الكوني جزئية من البطل اللانهائي وغير المحسوم حول علاقة الله بالوقت . ولكن الفيزيائيين المحدثين ، وبالتحديد في النظرية الكمية ، قد ألقوا ضوءا جديدا على العلاقة بين السبب والنتيجة ، في سيرهم لفور لفز سبب الانفجار العظيم الذي لم يكن له « قبل » .

وبالنسبة لفرغنا الحال ، فالخاصية الجوهرية في النظرية الكمية هي الملاحية . فالفيزياء القديمة ربطت كافة الوقائع في رباط وحق من الأسباب والنتائج ، ولكن على المستوى الذي اتضح أن هذا الرباط ليس صكنا تماما ، فالحوادث قد تقع دون سبب قاطع ، وتحولت الحركة والمادة إلى أشياء مبهمه . فالجسيمات لا تتبع مسارات محددة تماما والمقوى لا تحدث الآثار المحتومة . لقد انسحبت الساعة المنضبطة لميكانيكا نيوتن المجال إلى خليط حلامي من أنصاف المقاتل (٢) . انه من خلال ذلك الأجيح على المستوى دون المرئي يتبع عدم اليقين ، فما يحدث من لحظة

لاخرى ليس محمدا تماما . كل ما يمكن اعتاؤه هو فقط الحس والظن .
فالتذبذبات العشوائية في هيكل المادة ، بل والزمكان ، امر محتوم .

شيء مقابل لا شيء :

من أعجب ما ينتج عدم اليقين الكمي هو ان المادة يمكن أن تظهر
من دون مكان ما . ففي الفيزياء الكلاسيكية ينظر للطاقة على أنها شيء
ثابت ، لا يخلق من العدم ، فهي فقط تتحول من صورة لآخرى . أما
ميكانيكا الكم فتمسح بظهور طاقة من لا شيء ، طالما أنها تختفي في لح
البصر . وحيث ان المادة هي صورة من الطاقة ، فإن ذلك يعني ، كما
قدمنا في الفصل الأول ، احتمالا لظهور عرشي لجسيمات من لا شيء .
هذه الظاهرة تعدل جذريا ما نمنيه بـ « القضاء الفارغ » .

تخيل صنفوا أني من كل صور المادة . قد نلن أن هذا هو الفراغ
يعينه ، أو القضاء الفارغ . والواقع ان التذبذبات في الطاقة الكبيرة
للـفراغ تسبب خلقا مؤقتا لكل أنواع الجسيمات ، التقديرية ، وهي
جسيمات ما تلبث أن تظهر حتى تختفي . فالـفراغ الساكن ظاهريا ما هو
الا بحر مهتاج بالنشاط الذي لا يهدأ ، معتله بالجسيمات الشبحية التي
تظهر ، وتتفاعل ، ثم تتلاشى . ولا يهم اذا كان الصندوق مفرغا من المادة
« الدائمة » أم لا ، فهذا النشاط يدور في كل ما حولنا ، بما فيه الفراغ
داخل الذرة . الأكثر من ذلك فان هذا النشاط الفراغي الذي لا يمكن
التخلص منه ليس فرضا نظريا ، بل هو ينتج آثاره على الذرات وما دون
الذرات ، آثار ملموسة بالتجربة . وقد اقترح الفيزيائي الهانـسـرـكي
هندريك كاسيمير Hendrik Casimir وضع لوحين معدنيين متقابلين على
مسافة جد صغيرة (الشكل ٢٥) . هذان اللوحان لكونهما من المعدن
سوف يكونان عاكسين للفوتونات بصورة عالية ، بما في ذلك الفوتونات
التقديرية التي اقترعناها . ونتيجة لهذه الانعكاسات المستمرة ، فان
تفيرا ملحوظا يحدث في طبيعة الفراغ في القبوة بين اللوحين .

والفضل تصوير لما يحدث هو الكارثة بوتر جيتار . فلان الوتر
مثبت من طرفيه ، فهو لا يهتز الا بتضخات معينة ، وهذا يدهي لاي



الشكل (٢٥) : تأثير كاسيمير - يرتبط على وضع اللوحين المتكسبين الشرايط الفراغ تكسب بينهما ، وانجبار الفوتونات على الشكل الفوال موجية محددة ، ويؤثر عن تلك قوة تجاذب بين اللوحين .

موسيقى . والذبذبات المنتقلة على طول الوتر تنعكس جيئة وذهابا بين الطرفين المتكسبين ، بحيث لا يلعب الوتر الا نغمة محددة ، هي التي تسمح باستقرار نصف موجة بالضبط على طول الوتر ، أو مضاعفاتها (تسمى المضاعفات بالتوافقيات harmonics) كما في الشكل (٢٦) . أما غير ذلك من ترددات فمتوزعة - وبصورة عشوائية ، تسبح الفجوة بين اللوحين بذبذبة محددة من الموجات الكهرومغناطيسية أن تنتردد بين اللوحين ، نغمة واحدة من هذه الموجات ، أو توافقياتها الأعلى . أما كافة الترددات غير المتوافقة في طولها مع مسافة الفجوة ، فلن يكون لها وجود بين اللوحين .

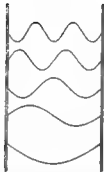
وحيث ان قدرا من الطاقة محصرم تواجد بين اللوحين ، فان قدر الفوتونات الناجمة بين اللوحين سيكون أقل من المتاحة خارجهما . وعليه يكون دفع الفوتونات على السطحين المتاخمين للوحين أقل منه على السطحين الخارجيين ، مما يترتب عليه ميل اللوحين للتقارب ، ويظهر تأثير كاسيمير Casimir effect على صورة قوة تجاذب بين اللوحين .

اشلاء نتجت عن تحطم البروتونات نتيجة للتصادم . بل خلقت من فرق الطاقة الحركية للجسيمين المتصادمين نتيجة تباطئهما بسبب التصادم ، وحيث ان الفراغ لم يتكلف شيئا من الطاقة في خلقها ، فانها تظل بالية بجسيمات حقيقية .

فالجسيمات التقديرية يمكن ان ترتفع لمستوى الحقيقية اذا ما دفع مقابل من الطاقة لقاء بقائها ، والطريقة المباشرة لعمل ذلك في تجربة كاسير هي تحريك احد اللوحين بمنف (وهو يقابل نثر الوتر) ، وفي الواقع فانه من ناحية المبدأ فكل ما هو مطلوب مجرد تحريك احد اللوحين ، فبينما يتحرك السطح العاكس ، تنعكس منه المجالات الكمية ، ولو تسارعت هذه المرآة فان ذلك يعطي طاقة للمفوتونات تنعكسها من الانبعاث ، مما يجعل المرآة في الواقع مصدرا للضوء ، وليس مجرد عاكس له . فاقطع المرآة تسارعا شديدا ، يمكن المرء من رؤية الجسيمات المغلقة في الفراغ الكمي رأى العين .

ولكن عتبة تفور في مواجهة ذلك . فلو ان المرآة أعطيت تسارعا يساوي تسارع السقوط الحر ، فان حرارة الاشعاع المنبعث لن تكون أعلى من 8×10^{-4} درجة كلفن . وتبين للمعادلات ان الطاقة طردية بين التسارع ودرجة الحرارة ، بمعنى ان تضاعف التسارع تضاعف معه درجة الحرارة ، ولما كانت درجة حرارة الضوء المرئي تساوي 6000 درجة كلفن (درجة حرارة سطح الشمس ، والثاني منها يرد أغلب الضوء المرئي) ، فمن الواضح انه ما من مادة تصنع منها المرآة المتحركة يمكنها ان تصمد لمثل هذه الحرارة .

ولكن لم يفقد كل شيء ، فالأبحاث في مجال بل تحاول الحصول على نفس النتيجة باستخدام الفأزات للزينة بضوء الليزر ، وبالتحكم في الليزر بالصورة المناسبة ، فان الفأز للتأمين يمكن ان يمثل المرآة المذكورة ، وما زال تصميم جهاز مبني على هذه الفكرة جاريا حتى تأليف هذا الكتاب .



الشكل (٣٦) : الفوتونات الضوئية المسحورة بين التوحيين في الشكل (٣٥)
تعمل مثل الجيتار حين تهتز لوتره - الذبذبة الأولى هي التي يسوى نصف طولها الموجي
المسافة بين التوحيين بالضغط ، وتلك ذبذبة التي طولها الموجي هو نفس المسألة
ثم مضاعفات هذه للذبذبات .

هذه القوة ضئيلة للغاية ، ولكن يمكن قياسها - فالفوتونات ذات
الأطوال الموجية الصغيرة لا تنثر بهذه الظاهرة كثيرا ، بينما تنثر بها
ذات الأطوال الكبيرة بقدر أكبر ، ولما كانت الترددات طويلة الموجة تقابل
كما أقل من الطاقة (٣) ، فإن التغير في الطاقة يكون ضئيلا ، ولكنه
برغم ذلك ممكن الإحساس به ، كالقوة التجاذب التي قام بحسابها كاسيمير .
وأكثر التجارب القنعا استخدم فيها ألواح مطوسة من الليكا ، ومثل هذه
التجارب تبين بصورة مباشرة النشاط اللزغني الكمي .

والشيء الوحيد الذي يمنع الجسيمات التفسيرية من البقاء هو
الانتقارها للطاقة - فممن اليقين الكامن في عالم الكمي يسمح لها بالظهور
العاير ، دون أن يتكلف الكون شيئا مقابلاها - أما إذا كان للجسيم أن
يتحول لجسيم حقيقي ، فلا بد من طاقة تدفع مقابل ذلك - والمثال الواضح
لهذه العملية نراه في المصطلات ، حين يتصادم زوج من البروتونات عالية
السرعة ، فينتج عن التصادم جسيمات تسمى البيوتونات (٤) ، وهي ليست

ومن الوسائل الأخرى لانتاج طاقة تمد الفراغ الكمي هي خلق مجال كهربي قوى بين اللوحين ، ولا يؤثر ذلك في الفوتونات التقديرية ، ولكن في الإلكترونات وغيرها من الجسيمات التقديرية المسحونة الموجودة بين اللوحين . فمع مجال كهربي بالقوة المناسبة ، ستظهر الإلكترونات حقيقية من الفجوة بعد أن أعدنا المجال الكهربي بالطاقة اللازمة لبقائها .

لكن الطاقات الكهربية اللازمة أعلى بكثير مما يمكن لتجربة عملية أن تطلقه ، إلا أنه يمكن خلق مجال عرعى بالقوة المناسبة من تصادم عتيف بين نواتي ذرتين قليلتي . وينتج هذا لطيفاً كرة متماسكة مركزة من عشرات البروتونات ذات الشحنة الموجبة . والمجال الكلي الناتج من مثل هذه الكرة من البروتونات ، يقترب في قوته من المجال المطلوب لانتاج أزواج من الإلكترون والبوزيترون (تليفي الإلكترون) بالقرب من سطح الكرة . وقد أجريت تجارب من هذا القبيل ، ولا تزال نتائجها قيد التحليل .

ورغم أن المجال الكهربي هو أنسب وسيلة واضحة لإثارة الفراغ ، فإن المجال التجاذبي يمكنه أيضاً أن ينفذ الفكرة . فالجلب الثقوب السوداء هي ذات أقطار عدة كيلو مترات على الأقل ، ولكن يتصور أنه خلال الانفجار العظيم تكونت ثقوب سوداء بحجم نواة الذرة . ويقدر صغر الثقب الأسود ، تكون شدة تشوه الزمكان بالقرب منه (الواقع أن الزمكان يجب أن يتقوس بعتف أشد حتى يستوعب الثقب الأسود الصغير بداخله) . وشدة تشوه الثقب الأسود تمنى وجود مجال تجاذبي شديد ، وقد بين ستيفن هوكينج أن المجال التجاذبي المهول بالقرب من الثقب الأسود ، يمكنه إثارة الفراغ الكمي لينتج جسيمات حقيقية بدفع مقابلها من الطاقة التجاذبية للثقب . وسوف تتبخر الجسيمات من منطقة الثقب إلى الفضاء خارجه ، بينما يلفد الثقب كتلة تدريجياً إلى أن ينتج إلى مخلفات من الجسيمات دون الذرية (٥) .

ومثل آخر للمجال التجاذبي الفائق هو الانفجار العظيم ذاته ،
 للحسابات تبين أنه خلال ١٠ - ٢٦ من الثانية الأولى كانت الظروف
 الكونية من التطرف للدرجة التي يخلق متواصل من الجسيمات . ومعنى
 هذا خلق جسيمات حقيقية من الطاقة التجاذبية للكون المتسدد ذاته .
 وسيل للزم أن يمرر أصل المادة في الكون لهذا المخلق من فراغ
 الفضاء ، إلا أن هناك لغزاً .

الأجسام المضادة

لمادة عام مضت ، لم يكن أحد يسأل عن أصل المادة . فالفلكيون
 كانوا يعتقدون أن الكون سرمدى . وإلى عشرين عاماً كانت الإجابة أن
 الكون قد نشأ من انفجار عظيم . وأن المادة كانت موجودة منذ البداية .
 واليوم لدينا تفسير فيزيائي محتمل لأصل المادة . ولكن لنجاح هذا
 التفسير ، يجب أن نعرف شيئاً عن الأجسام المضادة ، والرد على لغز
 اختفائها عن عالمنا المرئي .

وقد نمت فكرة الأجسام المضادة من أهم تقدم علمي في القرن
 العشرين ، النظرية النسبية والنظرية الكمية . فقبلها كان من المفترض
 أن المادة لا تخلق من العدم ولا تدمر ، بمعنى أن حصيلة الكون من المادة
 مقدار ثابت . ولكن أينشتاين في نسبيته الخاصة غير من هذا المفهوم
 تماماً ، فقد بين بمعادلته الشهيرة بين الطاقة والمادة : $E = mc^2$ أن
 الكتلة هي صورة من الطاقة . فجميع الكالكترون يمكن النظر إليه كتكتل
 مركز من الطاقة . ويمكنك الحصول على قدر كبير منها من كتلة صغيرة ،
 لأن العامل (ج) في المعادلة هو سرعة الضوء ، وقد مر عليك مقدار كبير
 (٣٠٠ ألف كيلو متر في الثانية) .

ولأن الطاقة تظهر في صيغ متعددة ، يمكن لمادة أن تتحول ،
 مثلاً إلى طاقة حرارية . وقد أيد هذا الرأي دراسة كتل الجسيمات
 النووية ، فتواتر الأكسوجين مثلاً تتحول على ثمانية بروتونات ومثلها من
 النيوترونات ، وحاصل جمع كتل هذه الجسيمات منفردة يقل عن كتلة

نواة الأكسوجين ، أي عن مجموع كتلتها وهي محتواة في النواة . يساوي 2×1 ، فإين ذهب الفرق ؟ التفسير هو أنه تحول إلى طاقة تربط هذه الجسيمات معا . ونعلم اليوم أنها بالضبط الطاقة التي تمد الشمس والنجوم بالوقود اللازم لحياتها .

وعلى الرغم من أهمية أفكار أينشتاين ، فإنه لم يفترض مباشرة أن جسيمات بأكملها قد تختفي (أو تظهر) عن طريق تبدل الطاقة في صور مختلفة . فالبروتون قد تقل كتلته داخل النواة عنه وهو مفرد ، ولكنه لن يتلاشى كلية . ان من افترض ذلك هو بول ديراك Paul Dirac عام ١٩٢٠ .

كان ديراك مهتما بالجمع بين الأفكار الكمية الحديثة والتسوية . رغم أن النظرية الكمية كما طورها شرودنجر وهايزنبرج وآخرون في ١٩٢٠ قد نجحت بشكل منقطع النظير في تفسير سلوك الإلكترونات في الذرة ، كتقليدها في مستويات محددة من الطاقة ، فإنها لم تتفق مع أفكار أينشتاين . وعلى وجه الخصوص ، فالتحول بين الطاقة والمادة طبقا لمعادلة أينشتاين لم تتوافق مع النظرية الكمية .

وقد تم التوفيق بين هاتين النظريتين العظيمتين على يد ديراك ، عام ١٩٢٩ . ومركز الثقل في عمل ديراك هو معادلة بديلة لمعادلة شرودنجر في وصف حركة الإلكترون على أنها حركة موجية . وقد تضمنت معادلة ديراك المعادلة الموجية لشرودنجر والأفكار النسبية عن الحركة ، ومعادلة الطاقة بالمادة . ولكن ظل هناك أمر دقيق لا يمكن تجاهله .

إن معادلة أينشتاين في الواقع ليست بالنص للذكور تساما ، بل هي على الصورة $E = mc^2$ ، وبأخذ الجذر التربيعي يعطينا معادلتين وليس واحدة . حيث إن الجذر التربيعي للمقدار الموجب له في الواقع قيمتان ، واحدة موجبة والأخرى سالبة . معنى ذلك أن هناك صورة أخرى للمعادلة هي $E = -mc^2$.

ولقد تعامل ديراك في البداية الحل السالب ، حيث انه يتضمن طاقة سالبة للإلكترون ، وهو ما بدأ لا معنى له . ولكن وجوده ظل مثيرا له ، إذ لم يفهم بالمرّة لماذا يشعّ الكترون موجب الطاقة طاقة على هيئة فوتونات ، وبذلك يتحول الى حالة من طاقة سالبة (٦) . لو أتيح ذلك استمرّ الإلكترون في بث الطاقة والنزول بمستوى طاقته بلا نهاية ، ولو صحت هذه الصورة لما كان لأية مادة مجال للاستقرار .

ثم لاح حل لديراك مبني على صورة خيالية تعلم الآن أنها غير صحيحة ولكنها منسقة للكتلة كما جرت من ثوابت المبرينات الى أوائل الثلاثينات ، لينبئ أنه حتى النماذج غير الصحيحة تماما يمكن أن تساهم في بحثنا عن الحقيقة .

قبل عدة أعوام، اقترح ولفجانج باول Wolfgang Pauli مبدأه المعروف باسم « مبدأ الاستبعاد لباول Pauli exclusion principle » الذي يذهب الى أن تفسير بعض خواص الإلكترونات يمكن أن يتم لو افترضنا أنها ذات ميل للعزلة ، فلا يمكن لها أن تتطارب زيادة عن حد معين . وبهذا المبدأ يمكن تفسير احتشاد الإلكترونات في مسارات مختلفة حول النواة دون أن تصادم وهي تحاول الوصول لمستوى الطاقة الأدنى (كما تفعل الطائرات حين تحتشد حول مطار مزدحم في انتظار الهبوط) . وقد طبق ديراك مبدأ الاستبعاد على مشكلة الطاقة السالبة، متسائلا : هل يمكن أن تكون هذه الطاقة ممتلئة بالفعل بالإلكترونات ؟ فبدأ باول سينبع الإلكترونات ذات الطاقة الموجبة عنده من الهبوط في الطاقة السالبة . ولكن هذا التصور كان يضم تعوججا غريبا ، فنحن لا نرى مثل هذه الإلكترونات ذات الطاقة السالبة ، واستخلص ديراك من ذلك أنها يجب أن تكون مرئية .

وعلى الرغم من الخيال الجامح في تصور ذلك البحر غير المرئي من الطاقة السالبة المملء بالإلكترونات حقيقية (غير تقديرية) ، إلا أنه أدى ديراك له توقع لا يقل جسوما . لنفترض أن أحد الإلكترونات المقترنة

قد تمتص قدرا من الطاقة (فوتون مثلا) يمكنه من الارتفاع الى الطاقة الموجبة ، بحيث يصبح مرئيا . انه سيختلف مكانه فجوة ، علم الفجوة في الواقع تمثل في جسيم له نفس كتلة الالكترون ، الا انه ذو شحنة موجبة (تعبر عن اختفاء الالكترون ذي الشحنة السالبة) ، بمعنى انه سيكون جسيما يمثل صورة معكوسة للالكترون ، ومن ثم فقد أعطاه اسم « بوزيترون » .

ولم يكن أحد الى ذلك الوقت قد لاحظ وجود البوزيترون ، وكان الجسيم الوحيد ذو الشحنة الموجبة هو البروتون ، ولذا فقد تساءل ديراك ان كان هو الصورة المعكوسة للالكترون ، فلم الاختلاف في الكتلة بينهما . ولكن الفيزيائي الأمريكي كارل أندرسون Carl Anderson عثر عليه في ١٩٣٢ بينما هو يدرس الأشعة الكونية . هذه «الأشعة» (٧) التي تنظر بها الأرض هي في الواقع جسيمات ذات طاقات عالية تنسب عن كل أنواع الجسيمات الثانوية دون الذرية عند اصطدامها بجو الأرض . أحد هذه الجسيمات كان له انحراف في الاتجاه المضاد لاتجاه الالكترون ، وإن كانت له نفس كتلته ، ولم يمد في ذلك من شك في أنه الكترون موجب الشحنة ، أو البوزيترون .

وأتت التفسيرات التالية لأصل ديراك الى الفاء فكرة بحر الطاقة السالبة . حيث افصح ان قواعد ميكانيكا الكم تمنع الالكترونات من الهبوط الى طاقة سالبة . فالصورة التي استنبط منها ديراك وجود المادة المضادة كانت خاطئة . ولكن الحقيقة لم تكن في الصورة ، بل في المعادلات ، والعمل « المكوس » للصورة الكمية لمعادلة آينشتاين كان يسمح (بل في الواقع يتطلب) وجود الجسيمات ذات الشحنات المضادة . بل انه ليؤكد ان هذا صحيح لكافة الجسيمات ، فكل جسيم لابد وأن له جسيما مضادا ، أو تقيض الجسيم . وعلى ذلك فغالبه من وجود البروتون المضاد ، ونيوترون مضاد ، وهكذا . هذه الجسيمات في مجموعها تسمى « المادة المضادة antimatter » . واكتشف بعد الحرب الثانية البروتون المضاد وغيره من جسيمات مضادة في الأشعة الكونية ، كما تنتج حاليا

في كافة مختبرات الجسيمات في العالم ، بل وتشرن باقتناصها في مجالات مغلطيسية .

وحصل كل من ديراك وأندرسون على جائزة نوبل (A) ، وفي خطاب الجائزة عام ١٩٣٣ قدم ديراك اقتراحاً جسوراً آخر ، قائلاً انه من كليل الصدفة البحتة أن كانت الأرض مصنوعة من تفوق الصورة المألوفة لنا من المادة على تقيضتها ، وأنه يمكن تخيل أن نجما آخر في مكان ما يكون مصنوعاً من المادة المضادة ، فيكون لدينا نجوم مضادة ، وكواكب مضادة ، بل وأيضاً ، بشر مضادون .

ورغم أنه لم تلاحظ الجسيمات المضادة حتى الآن إلا في صورة منفردة ، إلا أنه ليس من ناحية البدء ما يمنع من أن تصور بصورة شبيهة للذرات المألوفة ، مكونة لفترات مضادة ، مما يتصور منه عالم كامل من المادة المضادة ، لن يختلف في فيزيائه عن العالم المألوف لنا ، وليس من وسيلة مباشرة لتكثفنا من أن نعرف على البعد إلى أية صورة ينشئ نجم من النجوم .

وفي المقابل ، فإنه ما أن تتلاقى المادة مع تقيضتها ، حتى تكشف عن هويتها . فتولد زوج من الإلكترون والبوزيترون نتيجة امتصاص الفوتونات على الوجه الذي توقعه ديراك يمكن أيضاً أن يتمكس ، إذ يتسبب تلاقيهما في فناءهما المشترك ، وتحول طاقتهما إلى فوتونات ، تبلغ درجة طاقتهما من الشدة لدرجة انتمائها لأشعة جاما . لهذا السبب فإن وجود الجسيمات المضادة على سطح الأرض ، بما في ذلك ما يتولد عن الأشعة الكونية ، هو وجود مؤلف بطبيعته .

وحقيقة إمكانية تولد المادة وتقيضتها من الطاقة (ليس بالضرورة من الأشعة الكهرومغناطيسية) يفتح الباب أمام تفسير نشأة المادة التي صنع منها الكون . فكما رأينا ، لكه استثار الانفجار العظيم عمليات قادرة على إنتاج كميات هائلة من الطاقة ، وأن كمراً من هذه الطاقة قد استنفذ في تكوين أزواج من الجسيمات وتقاوضها . وعلى ذلك فليس من ضرورة أن نذهب إلى أن المادة كانت موجودة منذ البداية كجسد رجم بالغيب .

موجودا يمكن أن يعزى لعمليات تمت في المراحل المبكرة للكون . ولكنه بما أن المادة وتقيضتها تتكونان معا ، فإن هذا يؤدي إلى تصور عرالم مضادة لثبات معا ، وأن المادة وتقيضتها موجودتان بشكل متماثل في الكون .

ونظريّة الكون متاثلا بهذه الصورة مثيرة للخيال ، وقد أوجت عام ١٩٦٠ للفلكي الكوني السويدي حازر ألقين Bannes Alven بكتابه « المادة وتقيض المادة » . ولكن هذا التسائل المثير تواجهه عقبة كتود ، فالجساء المقترض في الكون البدائي للكون من المادة وتقيضتها سوف تنور فيه عملية فناء جماعية نتيجة تلاقي كل جسم بتقيضه بحيث لن يبقى شيء يذكر .

وقد حاول بعض الفلكيين البحث عن آلية مقبول يسمح بتجمع كل نوع من المادة مع بعضه بحيث تكون التجمعات منعزلة على أبعاد تحول دون فئائها المشترك . والأبعاد المتصورة هي الأبعاد الجرية ، حيث أن الجرات توحى بأنها تجمعات منعزلة يوصلها لضاء ساحق (٩) . لكن ميكانيزم حلتما لم يتم التوصل إليه على الإطلاق .

وفي نفس الوقت تلوح ظلال كثيفة من التشك في وجود تجمعات من تقيض المادة في أي مكان من الكون . والقواعد على ذلك استخلصت من نتائج قياس اشعاع جاما بواسطة الأقمار الصناعية . فاشعة جاما لا تخترق الغلاف الهوائي للأرض ، ولكن بواسطة أجهزة مركبة على الأقمار الصناعية يتم مسح هذا الاشعاع في أرجاء الكون . وقد سجل الاشعاع بالفعل في مركز مجرتنا ، درب التبانة ، وفي أجزاء أخرى بالقدم الموحى بحدوث فناء نتيجة تلاقي الجسيمات المضادة ، ولكنه من الصغر بحيث أن نسبة المادة المضادة المتبقية في مجرتنا لا تقدر بأكثر من واحد في المليون .

وحتى هذا التقدير قد يكون مبالغاً فيه ، حيث أن قدرا لا بأس به من اشعاع جاما يلوح بأنه نتيجة تلاقي الإلكترونات ببيوزيترونات مخلقة

حديثاً، عن طريق الخلق المزدوج الناتج عن الطاقة المادية في قلب المجرة -
وليس هناك أى دليل على وجود مادة مضادة متخلفة عن نشأة الكون .

وقد طبق نفس التعلق على مجرات أخرى . فالمجرات في عصرنا
يحدث أن تصادم ، ومن الطبيعي أن يكون تصادمها في العصور المسبقة
أكثر ، نتيجة تزاوجها في الكون . ولو كان التصادم قد تم بمجرات ذات
مادة مضادة ، لكان الكون اليوم مشهوراً بقدر كبير جداً من الإشعاع جاما ،
وهو ما نكذبه الملاحظات . وأصبحنا مواجهين بلغز ، إذا كانت قوانين
الفيزياء معتمدة بين المادة وتلفيفتها ، فكيف انتهى بمادة من نوع معين ؟

أين اختفت المادة المضادة ؟

أحد الحلول الممكنة لحل هذا اللغز جاء من كشف فيزيائيين
أمريكيين عام ١٩٦٤ ، همما فال فينش Val Fitch وجيمس كرونين
James Cronin (١٠) . فقد كانا يبحثان في تحلل جسيم يسمى ميزون كـ
K meson ، وهو جسيم غير مستقر سرعان ما يتحلل إلى عدد من
الجسيمات والجسيمات المضادة . وقد وجد العالمان أن التحلل لا يكون
معتاداً بالنسبة لنوعي الجسيمات . ورغم أن الفرق ضئيل إلا أن دلالة
هائلة ، فهو أول شاهد على أن قوانين الفيزياء ليست معتمدة بالنسبة
لنوعي المادة .

ولهذا الكشف تداعيات مثيرة . فال عام ١٩٦٤ لم يكن يبدو من
المحتمل وجود طريقة لكائنات عاقلة من نوعين متضادين من المادة ، يمكن
التعرف على هذه الحقيقة بالاتصال فيما بينها ، أو معرفة أيهما ينسب إلى
هذا النوع أو ذلك . ولكن الآن ، ومن خلال نتائج تحلل ميزون كـ في
معاملهما يمكنهما معرفة ذلك . أليست معلومة مهمة إذا كانا يتخططان للقاء
بينهما ؟

والأمم من ذلك أن هذا التمييز لنوع من المادة قد يمكن من تحليل
سبب عدم التساوي بين النوعين في مرحلة الانفجار العظيم . ويتم ذلك
على الوجه التالي : في البدء كانت الطاقة ، ومنها خلقت أزواج الجسيمات .

وبسبب عدم التماثل الذي تم كشفه ، فإنه مقابل كل بليون من جسيم يتصور بليون وواحد من الجسيم المضاد . ومع برودة الكون ، تتفاني البليانين من الجسيمات والجسيمات المضادة ، تاركة هذا الفرق الضئيل باقيا . هذه الجسيمات المتبقية كانت مضورة في إشعاع جاما ، بليون فوتون منها مقابل كل جسيم من المادة . هذا الإشعاع يبرد بدوره مع برودة الكون خلال تمدده ، متحولا إلى إشعاع حراري عادي ، والواقع، فإن الخلفية الإشعاعية الكونية هي الأثر المتبقي من إشعاع جاما الذي غمر الكون في بدايته .

ولو كان هذا التصور صحيحا ، فإنه لن يفسر فقط كمية تكون مادة الكون ، بل أيضا سيمثل درجة حرارة الخلفية الإشعاعية الكونية . لهذه الدرجة تتحد بنسبة التوتونات للدرجات ، وإلى الآن ، فإن هذه النسبة هي من أهم وأغرب القيم في علم الكونيات على الإطلاق ، فقد وجدت أن قيمتها المعقدة هي بليون لواحد ، بالضبط بالنسبة التي تصير إليها الحسابات من التحيز الضئيل بين المادة وتقيضها .

ولو كانت النظرية سائرة في طريق صحيح ، فإن وجود المادة دون تقيضتها في الكون الحال ليس هو التوقع الوحيد ذا المغزى الفلكي ، لأن ما ينبغي أن يكون أيضا أن يهدم . فنفس عدم التماثل الذي سمح للمادة أن تخلق من الطاقة خالية من تقيضتها ، يسمح أيضا باختلافها . فالنظرية تتوقع أن هذا ممكن لأن البروتون ، والذي كان له بعد قريب يعتبر جسيما غير قابل للتحلل ، سوف يتحلل إلى البوزيترون بعد فترة من الوقت بالغة الطول (10^{-30} من السنوات) . ولو صح التوقع ، فإن ذلك يعني أن مادة الكون جسيمها مضبوها للتبخر ، وإن كان ذلك بعد وقت طويل . فحيث أنه يوجد الكترون لكل بروتون ، فإن هذه الإلكترونات مآلها للتصادم مع البوزيترونات الناتجة عن التحلل لمشار إليه ، والفتا .

هذا التحلل في حد ذاته عملية احصائية ، شأنها شأن كافة العمليات الكمية ، بمعنى أنه وإن كان متوسط عمر تحلل البروتون طويلا لهذه الفوعة ، فإنه مع العدد الهول منها فإن هناك احتمالا لتحلل واحد أو

التي كل عام . وقد أجريت تجارب للبحث عن أية بادرة من هذا التمثل في خزانات مائية بنيت على عمق من سطح الأرض ، ولكنها لم تحقق نجاحا الآن .

ولو كانت التصورات السابقة صحيحة ، فإن المادة المضادة تكون ذات وجود من الدرجة الثانية ، مجرد حاصل ثانوي ناتج عن تصادم الجسيمات عالية الطاقة . بحيث أنه لم تتأكد هذه التكهّنات بمسائل مباشرة ، فإن تبقى قدر من المادة المضادة عن يده الكون يظل مفتوحا . ولكن الاتجاه للبحث عن ذلك هو الأشعة الكونية .

وقد تم قياس كمية كبيرة الجسيمات المضادة في الأجواء العليا من الغلاف الجوي عن طريق أجهزة مركبة في بالونات . هذه الجسيمات تمر في أغلبها للتصادم بين البروتونات في الأغوار السحيقة من الفضاء بين النجمي . ولكن لفرا آخر مجرأ يلوح لنا . فعدد البروتونات المضادة أكبر بكثير من أن يمثل بذلك عند مستويات الطاقة المنخفضة . وأحد التفسيرات البديلة هو أنها تنجم عن الفناء الانفجاري للغرب سوداء مجهرية تحت تأثير هوكنج الذي سنعرض له في الفصل التاسع . ولكن التمثيل الآخر هو أنها أثر ما كان موجودا منها خلال يده نشأة الكون . وليس لأحد أن يقطع بتمثيل لأصلها إلى الآن .

أما الكشف الذي لو تحقق يكون دليلا على وجود مادة مضادة باقية من منشاء الكون فهو نواة ذرة مضادة لأقل من الهيدروجين ، كان تكون نواة هليوم مضاد . والهليوم هو المتصر التالي للهيدروجين في الوفرة في الكون ، ولذا فمن المعقول أن تكون نواته المضادة هي الأكثر احتمالا يده نواة قبيض الهيدروجين (وهي مجرد بروتون مضاد) ، وتتكون من بروتونين مضادين ونيوترونين مضادين . وليس لمثل هذه النواة أن تتكون عشوائيا من تصادمات جسيمات عالية الطاقة في الفضاء . فالهليوم المعتاد يتم تخليقه في التفاعلات النووية داخل النجوم ، وقد كان تخليقه بوفرة في عصر الانفجار العظيم . فلو أن نواة واحدة من الهليوم المضاد تم اكتشافها لأعطت احتمالا بوجود نجوم مضادة .

ولسوف فيما البحث عن الهيليوم المضاد في اواخر التسعينات . بواسطة جهاز يسمى « أرمسترونج Armstrong » ، سوف يركب في إحدى محطات الفضاء الأمريكية . وسيزود هذا الجهاز بمقناطيسات قوية مبردة الى قريب من الصفر المطلق ، تسبب انحناء الجسيمات المشحونة عالية السرعة من المادة والمادة المضادة التي سيكون التمييز بينها بواسطة كاشفات قوية ، حيث سيكون انحناء المادة في اتجاه عكس اتجاه انحناء نظيرتها .

ولو ان النجوم النقيضة موجودة ، فسيستتبع ذلك وجود ما هو اقل من النجوم ، كالتيازك والمذنبات والكويكبات ذرات من النيازك الكوني ، مصنوعة من المادة المضادة . ويكون التساؤل المثير هو ماذا يحدث لو ان شيئاً من هذا القبيل دخل النظام الشمسي ؟

ليست الفكرة ممتعة بالمرّة ، فحجم حبة من الفاصوليا من المادة المضادة ككثير باحفات انفجار يقارب قنبلة نووية ، وهو أمر لن يمر بلا انتباه . ولكن من الغريب أن انفجاراً من هذا القبيل قد حدث في ١٢ يونيو عام ١٩٠٨ في منطقة تنجسكا Tunguska بسiberia ، كان قد عزي لسقوط نيزك ، ولكن بعدة عام ١٩٢٨ فصلت في وجود أي أثر لثل ذلك النيزك رغم العمار الهائل الذي هم المنطقة بأشجارها وغاباتها . وتعددت التكهّنات لتبرير الحادثة من اقتراح بسقوط نيزك تلجى (محتمل تماماً) ، الى مرور ثقب أسود (غير محتمل بالمرّة ، على الأقل لعدم وجود أثر لمجرده الأرض من الناحية الحسابية) . وقد اقترح ويلارد ليبى Willard Libby الحائز على جائزة نوبل لاختراع وسيلة الكربون المشع لتحديد اعمار المادة المضادة كتجارب للحادثة . ولو كان قوله صحيحاً لكان هذا مؤشراً بوجود المزيد منها . ولكن ليس لك أن تجزع ، فالدلائل ضد هذا الاقتراح كثيرة .

منشأ الزمن والمكان

ان حقيقة مقدرة الفيزياء الحديثة للجسيمات على تقديم تفسير مقنع لأصل المادة هو انجاز رائع . ولكنه يفضل في تقديم تفسير لأصل الكون

ككل ، حيث إن الكون يحتوي على ما هو أكثر من المادة . فهناك أيضا
لكائن والزمن ، أو الزمكان . ولقد رأينا أن الطاقة اللازمة لخلق المادة
يمكن إرجاعها إلى المجال التجاذبي للكون . ولكن لم نتوقف هناك ؟ بعض
الناس يجادل بالقول بأن هذا ليس مثالا للخلق من العدم ولكنه مجرد
الرجوع بالتعليل إلى الجاذبية . ويظل التساؤل عن المصدر قالما . ولكننا
هنا سنواجه بمعضلة ، غالجاذبية ليست مجالا موجودا في الزمكان ، بل
إنها هي الزمكان . فالنسبية العامة تعامل الجاذبية معاملة هندسية
عرة ، أي على أنها تشكل للزمكان . وهكذا إذا كانت الجاذبية قد خلقت
المادة ، فيجب علينا القول بأن الزمكان هو الذي خلقها ، ويرجع التساؤل
إلى كيفية ظهور الزمكان .

ويلاحظ كثير من الفيزيائيين إلى العزوف عن التفكير في هذا التساؤل،
تاركين إياه لرجال الدين . ولكن آخرين يجادلون في الأمر ، ذاهبين إلى
أنه يجب علينا أن نتوقع أن تكون الجاذبية ، وبالتالي الزمكان ، أشياء
خاضعة للمظاهر الكمية كغيرها من الأشياء في الطبيعة . وفي هذه
الحالة ، إذا كان الظهور التلقائي للجسيمات أمرا لم يعد مستغربا .
فلماذا لا نتقبل نفس الشيء للزمكان ؟

ويستلزم وضع وصف مرضي لهذه العملية نظرية رياضية تنقسم
الجاذبية والكم معا . وهو ما ليس متاحا حتى الآن . ولعل نظرية كهلان
يمكن التوصل إليها في إطار توحيد قوة الجاذبية مع غيرها من قوى
الطبيعة . ولكننا نعرف بالفضل ما يمكننا من لقاء الضوء على أهم خصائص
نظرية من هذا القبيل ، ولبيان لماذا يمثل تحقيق هذا التوحيد النهائي
مشكلة رياضية حرجية .

أحدى الخصائص المتعلقة ببعض العمليات الكمية التجاذبية . فلان
الجاذبية هي أضعف القوى المعروفة في الطبيعة إلى الآن ، فهي لا تلعب
دورها على المستوى الذري أو حتى نواة الذرة ، وهو ما تظهر فيه بوضوح
كامل الخصائص الكمية للقوى الأخرى ، بل على مستوى قد يصل إلى
١٠^{-٢٠} من هذا المستوى ، وعلى مسافة أقل من ١٠^{-٢٠} من المستثمر ،

وهو ما يعرف بمسافة بلانك *Planck's distance* ، نسبة الى ماكس بلانك واضع النظرية الكمية . والقياس الزمني للتقابل لهذه المسافة ، وهو ما يعتبر الوحدة الكمية الأساسية للزمن ، هو الزمن اللازم للنفس ليعبرها ، وهو 10^{-43} من الثانية ، والمسمى زمن بلانك *Planck's time* . ويستند بعض الفيزيائيين أنه عند هذه المسافة يفقد الزمكان صلته كمتصل سلس ، ويتحول الى شيء رهق . وعلى وجه الخصوص ، فإن « فلتايج » من الزمكان « التقديرى » يمكن أن تظهر وتختفى على نفس نسط ما تظهر الجسيمات التقديرية .

فعل مستوى بلانك ، يمكن للزمكان نفسه أن يتحول الى التلقائية والخروج من روابط السببية ، من خلال التذبذبات الكمية . ولا يزيد نطاق كل زمكان من مسافة بلانك ، ولا يقوم الا لزمن بلانك . ويقول أكثر دقة ، فإن مفهوم الزمن في سرياته يتلاشى عند هذه المسافة الزمنية ، فالزمكان لا يكاد يظهر حتى يختفى . وقد كان الفضل الشاغل للفلكيين هو إمكانية أن (زمكان) على شكل الفقاعات التى تنشأ فى الفراغ من لاشيء ، أو كونا « تقديريا » بحجم متناه فى الصغر ، يمكنه تقادى البناء النقطي المحتوم ، ليتحول الى الكون المستقر الذى نعيشه . ويوجد آلية مقبول لذلك فيما يسمى السيناريو التضخمي *inflationary scenario* للكون .

وكل من تنجح مثل هذه الحيلة ، فإن الكون الوليد يجب أن يرفع من حجمه من الحجم تقريبا الى مقياس مليوس . وعليه أن يندفع زناد هذه العملية بأسرع وقت ، خلال جزء الثانية التى يسمح فيها للتذبذبات الكمية أن تكون موجودة . وعليه لتحقيق ذلك الهدف غير المادى تلافى حاجز الجاذبية التى تحاول سحقه مرة أخرى الى انصم . ان المطلوب هو قوة طاردة ذات حجم خرافي . يمكن بها الخروج من قبضة الجاذبية ليأخذ الكون طريقه نحو التمدد .

في قبضة الجاذبية للسادنة

نعود الآن الى مفهوم الفيزيقيين للفراغ على أنه ليس مرادفاً للخلوة
التمام . فقد اتضح أن الفراغ الكمي يمكن أن يستثار الى مستويات أعلى
من الطاقة . والفراغ المستثار سيبدو كالفراغ الحقيقي (بمعنى أنه
ظاهرياً مفرغ من الجسيمات الماثلة) بينما هو منتج بتفجرات من
الطاقة التي لا تنوم الا لفترات جد ضئيلة ، مطلقاً طاقته في شكل
جسيمات حقيقية . وخلال وجوده ، كالفراغ المستثار ستكون له خاصية
جد غريبة ، ضغط سالب هائل . وفكرة الضغط السالب يمكن تمثيلها
بسط زئبرك (في مقابل ضغطه) ، فهو يجلب للدخول ، بدلاً من أن يدفع
للخارج . ولقد يكون من المتصور أن كوناً محتويًا على ضغط كهذا يتحطم
تحت تأثيره ، ولكن هذا القول ليس دقيقاً ، ذلك أن فرق الضغط هو
الذي يؤثر . فالأسمالك التي تعيش في أعماق البحار تعيش في وسط من
ضغط هائل ، ولكنها لا تنسحق لأن هذا الضغط متساو من كل
الاتجاهات .

وعلى الرغم من عدم توافر أية قوة ناجمة عن الضغط السالب ،
فله تأثير تجاذبي ملحوظ . فطبقاً للنسبية العامة ، فالضغط مصدر
للجاذبية . بالإضافة للجاذبية الناشئة عن المادة أو الطاقة . وفي الأحوال
المادية فإن مساهمة الضغط في المجال التجاذبي كم مهملة . فالضغط
داخل الشمس مثلاً يساهم بجزء من مليون جزء في قوتها التجاذبية .
أما في الفراغ الكمي المستثار ، فالجاذبية الناشئة عن هذا الضغط لها
السيادة على تلك الناتجة عن الطاقة والمادة . وحيث أن هذا الضغط
سالب ، فإن تأثيره يكون سالباً أيضاً ، أو في الواقع جاذبية مضادة .
وعلى ذلك ، فإنه لو حدث احتمال ظهور كون واحد من بلايين البلايين
من الأكوان التقديرية في حالة مستثارة ، فإن الجاذبية المضادة ستتسبب
في القوة الطاردة المطلوبة بالضبط لتسحق بالضغط المتعدد في شكل
انتهجاري عتيق .

ولكى نأخذ فكرة عن مدى عنف ذلك الدفع للخارج ، تصور أن الكون يتضاعف كل 10^{-35} في هذه المرحلة التضخمية المتولدة ، ويستمر هذا التضاعف طالما كان الكون في قبضة ذلك الدفع الخارجى الهائل . هذا التضاعف يسمى الزيادة الأسية لـ *exponential* ، وهي تؤدي إلى معدل نمو كبير جداً (١١) . والعالم للرئى الذى نعيشه هو نتيجة لهذا المعدل الأسى للتزايد .

ولم تستمر هذه المرحلة التضخمية سوى فترة وجيزة . فعالة الفراغ المستثار بطبيعتها غير مستقرة ، وسرعان ما تتلاشى . ونتيجة لذلك فقد أطلقت الطاقة الهائلة المختزنة في الفراغ المستثار على صورة حرارة وجسيمات للمادة . وما أن يتلاشى الفراغ المستثار ، حتى تختفى معه قوة الدفع للخارج الكونية ، ولكن كمية الحركة لهذا التمدد تجعله يستمر بالياً ، مسببا العنف الانفجارى الذى نربطه بالانفجار العظيم . وباختفاء الضغط السالب تستعيد الجاذبية دورها المعتاد ، لاهية دور فرملة للتمدد ، مسببة نقص معدل إلى المعدل الذى نشاهده اليوم .

ولا تقتصر أهمية التمدد التضخمي اللحظي على مجرد الزيادة الرهيبة في الزمكان في فترة متناهية الصغر ، بل انه أيضاً سيمحو ما قد يكون عليه توزيع الطاقة من عدم تساو . بحيث توزع توزيعاً عادلاً خلال هذا التمدد التضخمي العنيف . وعلى ذلك ، فلنا أن نتوقع أن يخرج الكون من المرحلة التضخمية بتوزيع متساو بقدر كبير في المادة وفي الحركة . فما الذى توحيه لنا المشاهدات ؟

كما قمنا في الفصل الرابع ، فقد ظلت الخلفية الكونية الاشعاعية منذ نشأة الكون كما هي لم تتغير تقريباً ، وهي على ذلك شاهد يحتوى على بصمات لشكل الكون البدائي . والاشعاع متساو بشكل يثير الدهشة ، فلا تتغير شدته الا في حدود جزء من مائة ألف جزء . ومن الواضح أن الكون الذى تمخض عنه الانفجار العظيم كان منتظماً بقدر كبير ، وهو في الواقع قد ظل منتظماً على مستوى كبير لأن .

وفي ظل نموذج للانفجار العظيم لا يحتوي على مرحلة التضخم ، يكون هذا الانتظام أمرا مستغربا . فمن تراه كان المسئول عن ضبط الانفجار بتلك الطريقة التي تجعل كافة أجزاء الكون تعتمد بنفس المعدل على كافة الأجزاء ؟ وتزداد المسألة عمقا حين نأخذ الأفق في الاعتبار . فكما قلنا في الفصل السابق ، فالتساوي لا نستطيع رؤية أجزاء من الكون وراء حوالي ١٠ بلايين سنة ضوئية، حيث إن الضوء لما يصلنا منها بعد . وفي الماضي ، كانت المناطق المتحولة في هذا الأفق أصغر نسبيا ، فبعد ثلثية واحدة مثلا كان قطره ثانية ضوئية (٣٠٠ ألف كيلو متر) فقط .

وبدفع الأمور مزيدا للخلف ، فإنه عند فترة تقدر بـ زمن بلانك كان الأفق قطره مسافة بلانك . والآن ، طبقا للصورة التقليدية للانفجار العظيم ، والتي يتحدد فيها الكون بمعدل متناقص ، فإن حجم الكون الذي نراه الآن كان حجمه حوالي المليستر بعد فترة زمن بلانك، أي 10^{-43} مرة قدر الأفق، ولما كان من المستحيل لأي تأثير أن ينتقل بأسرع من سرعة الضوء ، فإن هذا الكون كان . وطبقا لتلك النظرية ، مقسما إلى مناطق منعزلة من حيث الرؤية بسبب الأفق ، كل منها بحجم مسافة بلانك ، أي إلى 10^{-35} منطقة غير مرئية لبعضها البعض تماما . فكيف أمكن لهذه المناطق أن تتناغم في حركتها في شبة أي اتصال أو سببية تربطها ؟

ويحل التضخم هذه المسألة ، بسبب التمدد الفجائي العنيف الذي وقع بين 10^{-35} و 10^{-33} من الثانية . ففي التصور التضخمي كان الكون المرئي حاليا يبلغ من الحجم 10^{-35} مستقيمترا بعد فترة زمن بلانك ، وهي مسافة في نطاق سرعة الضوء عند ذلك الوقت . وعلى ذلك فانتظام الكون ليس مستغربا بل مرة في التصور التضخمي .

وليس حل مشكلة الأفق هو المكسب الوحيد من النموذج التضخمي، فهو يحل أيضا لغزا مثيرا طال أمده ، متعلقا بمعدل تمدد الكون، فالتمدد الحالي هو أثر من التمدد الذي كان ، وفي النموذج التقليدي كان الكون

يتناقص معدل تمدده منذ البدء ، فلو كان الانفجار أقل قليلا لتناوى الكون على نفسه مرة أخرى بتأثير الجاذبية . ولو كان أضعف قليلا لتشتتت المادة بما لا يسمح بتكون المبررات . والواقع أنه كان يظن أن الانفجار من المدة في شدته لموجة التوازن العقيق للجاذبية بين حدين البداية ، وتقدم النسبية رابطة بين معدل التمدد والاعتناء المتوسط للكون ، وفي حالة التوازن العقيق المتسار اليه يكون الاعتناء صفرا ، ويكون مطلقا الى مدى بعيد .

ومن المثير حساب درجة الدقة التي كان من الواجب تحفظها . ليالرجوع الى زمن بلانك (وهو أقل زمن يكون الحديث عنه ذا معنى) ، فإن التوازن يكون في حدود جزء من ١٠-٦٠ . هذه الدقة الخرافية يلبثت الكونيين طويلا .

وهذا تمثل الصورة التضخمية للانفاز مرة أخرى . فهما كانت شدة الانفجار ، لتأثيره سينتص تماما مع الانفجار التضخمي . وعند نهاية المرحلة التضخمية سيكون الكون قد نسي تماما ما كان عليه قبل تلك المرحلة ، ولن تعمل الفترات التالية الا بعصاة للرحلة التضخمية . وقد حدث أن الزيادة الأسية في التضخم قد تولد عنها توازن في تمدد الكون بالنسبة للجاذبية ، بدرجة أكبر من أن تستطيع قياسات البشر ملاحظتها ، ولتقريب الصورة لسبب ذلك تصور نملة عالمة على سطح كرة عشب ، فهي قد تستطيع بسهولة ادراك أن الثمرة منحنية ، ولكن إذا كانت الثمرة قد انتفخت بما يعادل تضاعفا ل ٦٤ مرة ، فلن يمكن للنملة أبدا الإحساس بمعنى ما أصبح عليه الانحناء .

وبالمثل ، يمكن للتضخم أن يحل جزئيا مشكلة مبدأ عاخ ، وتمثيل ثلاثا لا يكون للكون دوارا . فأي دوران في البداية سوف يبطأ مع التمدد الكبير ، بالضغط كما تهبط سرعة الزلازل للترنحليل على الجليد مع مد اندفعهم .

هذه السلسلة من النجاحات تجعل نموذج التضخم محبباً للكثير من الكونيين . ولكن النموذج مع ذلك ليس بلا مشاكل ، أصعبها على الإطلاق هي مشكلة انتهائه ، كوف عاد الكون سيرته الأول ١ فلكن ينتج التضخم آثاره يجب أن يستمر إل أن يتضخم الكون ٢٠١٠ على الأقل . وخلال هذه الفترة تهبط الحرارة تقريبا بنفس المعدل ، فتصل إل ما يقارب من الصفر المطلق . ومعنى ذلك أن الكون يبرد لحظيا تقريبا من درجة حرارة ٢٧١٠ كلفن إل حوالي الصفر . بعد ذلك يفتح الباب أمام رجوع الكون إل حالته المستقرة غير المستتارة . هذا التغيير ، الذى يقبض بهالة تغير الماء إل بخار سائل ثم إل ثلج ، يحدث فى نهاية الفترة التضخمية بعد أن تقلد قوتها الدالة . وحتى لا يحدث ذلك بسرعة أكثر من اللازم ، فإن النظرية فى صورتها الأصلية ، كمسا وضمها آلان جوث Alan Guth من معهد ماساتشوسيتس للتكنولوجيا Massachusetts Institute of Technology اقترحت نوعا من التبريد الفائق تعرضت له مادة الكون

والتبريد الفائق ظاهرة قد تحدث للماء حين يبرد ببطء شديد ، حيث يمكن أن يظل فى حالة السيولة تحت الصفر المئوى بقدر قليل ، إل أن يحدث أى اضطراب يؤدى به إل التجمد . وبالمثل يمكن أن تكون الحالة المستتارة قد ظلت مستمرة مع هبوط الحرارة إل لا شيء تقريبا بنسب التضخم ، وبالتالي تكون القوة الطاردة من الاستمرار فى تساقطها إل القدر اللازم من الانتفاخ ، ثم يحدث « التجمد الكلى » .

ولن تحدث هذه المرحلة البينية متتالية فى كافة أجزاء الكون ، فبمبادرة لمطالعة يمكن القول بأنه تحدث لفجاعات عشوائية من هذه الحالة ، وتنمو بسرعة الضوء ، ثم تتجمع مما إل أن نلأ الفضاء . داخل الفقاعة يتوقف التضخم فجأة ، مملأ طاقته لجدران الفقاعة . وحتى تصادم هذه الجدران عالية الطاقة ، تبت طاقتها على صورة حرارة ، معينة الطاقة الحرارية الهائلة التى سبق أن أُنشئت من الكون أثناء التضخم . وعلى ذلك يعود الكون بصورة انبساطية هتيفة مرة أخرى إل حالة السكون . ولكن بلا قوة طاردة هذه المرة . وبعد هذا التسخين المواد يمكن للكون أن

يعود للتعهد بالصورة التقليدية المتناقضة المعدل التي بدأها مع الانجبار العظيم ، حثانلا ، وقد تحرر من مشاكل الأفق ومعدل التمدد .

ورغم أن الخطوط المربعة لهذه الفكرة تبدو جذابة ، فإن المشاكل مخفية في تفاصيلها ، خاصة فيما يتعلق بالتصادم بين جدران القاعات . هذه الحوادث ستنتج عشوائية وبلا ضابط ، ويبدو للوهلة الأولى أنها ستنتج نفس عدم التماثل الذي قامت النظرية للتخلص منه . ولم يحدث اتفاق لأن حل هذه المشكلة التي أصبحت تعرف باسم « الخروج السلسي » ، ولكن عندما من الاقتراحات قدمت بهذا الشأن .

أحد هذه الاقتراحات هو أن القاعات تتضخم بدرجة كبيرة قبل التصادم ، بحيث أننا نعيش في منطقة من الكون وراء الأفق من مثل هذه الجدران ، وخارج نطاق أية اضطرابات تحدث بسبب هذه التصادمات . والقراح آخر يلعب إلى أنه بدلا من اللجوء لفكرة التبريد المائي ، فإن المرحلة المبكرة نفسها تأخذ شكل عملية بطيئة .

ولتقريب الصورة ، لنجمل كرة مستقرة في توازن حرج على قمة تل مواجهة المنحدر (الشكل ٢٧) ، عند أي اضطراب تبدأ الكرة في التدرج



الشكل (٢٧) : مثال للحالة المستقرة غير المستقرة للفراغ الكمي للكون في بدايته كرة موضوعة على قمة منحدر بصورة غير مستقرة ، وإذا كان الانحدار شاملا ، فإن زمن الهبوط يكون طويلا ، مما يعني التضخم لفترة الممتد قبل أن تترك الحالة على عملية حوارة .

عاطلة لقاع الوادي . حيث تصل لحالة الاستقرار . وكما قبل قاع الوادي حالة الفراغ المستمر . بينما تهبط قمة التل الحالة المستقرة . لو تصورنا أن الاستقرار ليس حاداً عند القمة . فإن الكرة سيقطع التفرج ببطء . ويقابل ذلك قولنا أن التفرج في طبيعة الفراغ كان طفيفاً في البداية . ولم أن التضخم قد بدأ . ويحتمل شك كبير في أن العمليات الكمية التي تحدث في المرحلة البينية قد تصرف بالفعل على هذه الصورة .

والتصور التضخمي لتكون ما زال في مرحلة الطفولة . وما تزال التمديلات جارية عليه . والكثير من التفاصيل معلقة وتعتمد على جسامية النماذج التي نضعها للنظريات . ومن السابق لأوانه الاعلان عن نجاح النظرية . إلا أنها تحتوي على خصائص تجعل فوائدها لم تكن لتعمل بدونها . مما يجعل الاعتراف قوياً بتصور أن حالة من التضخم قد عاصرت الكون في نشأته .

وإذا قدر للنظرية التضخمية أن تحقق النجاح . فإنها سوف تقدم لنا ميكانيزم مقنناً لنحول الكون التقديري الكمي إلى الكون المتعدد المألوف . مما يتيح لنا التأمل في الرأي الديني في الخلق من عدم *ex nihilo* . فلفظة دقيقة من الزمكان تظهر فجأة وبشكل سلمي ليتحقق لها الوجود الدائم نتيجة للاضطرابات الكمية . بينما يقوم التضخم بالسيطرة عليها وهي تعتمد إلى حجم مرتى . بعد ذلك يحدث التجمد الذي يبدأ به انخفاض معدل التمدد وسط انخفاض حراري . ومن الحرارة الكونية والجاذبية تنطق المادة . ويرد الكتل تدريجياً ويتخلف معدل التمدد إلى الظروف التي نلاحظها حالياً .

يسعدنا أننا كسبنا شيئاً من اللاشيء . في تضاريف مع المبدأ الذي نادى به الفيلسوف لوكريتيون بأنه « لا شيء يمكن أن يأتي من اللاشيء » . وكما قال الآن جوت ذات يوم : « يقال عادة أنه لا يوجد شيء يسمى وجبة بلا مقابل . ولكن يبدو أن الكون هو أكبر وجبة بلا مقابل يمكن تصورهما » . أحس هو كذلك ؟ أن كل الأشياء الجيدة مألوفة للفناء . والكون ليس استثناء من ذلك . فقد تمجد مصيره النهائي مع الثانية الأولى من نشأته .

عاطلة لقاع الوادي . حيث تصل لحالة الاستقرار . وكما قبل قاع الوادي حالة الفراغ المستمر . بينما تهبط قمة التل الحالة المستقرة . لو تصورنا أن الاستقرار ليس حاداً عند القمة . فإن الكرة سيقطع التفرج ببطء . ويقابل ذلك قولنا أن التفرج في طبيعة الفراغ كان طفيفاً في البداية . ولم أن التضخم قد بدأ . ويحتمل شك كبير في أن العمليات الكمية التي تحدث في المرحلة البينية قد تصرف بالفعل على هذه الصورة .

والتصور التضخمي لتكون ما زال في مرحلة الطفولة . وما تزال التمديلات جارية عليه . والكثير من التفاصيل معلقة وتعتمد على جسامية النماذج التي نضعها للنظريات . ومن السابق لأوانه الاعلان عن نجاح النظرية . إلا أنها تحتوي على خصائص تجعل فوائدها لم تكن لتعمل بدونها . مما يجعل الاعتراف قوياً بتصور أن حالة من التضخم قد عاصرت الكون في نشأته .

وإذا قدر للنظرية التضخمية أن تحقق النجاح . فإنها سوف تقدم لنا ميكانيزم مقنناً لنحول الكون التقديري الكمي إلى الكون المتعدد المألوف . مما يتيح لنا التأمل في الرأي الديني في الخلق من عدم *ex nihilo* . فلفظة دقيقة من الزمكان تظهر فجأة وبشكل سلمي ليتحقق لها الوجود الدائم نتيجة للاضطرابات الكمية . بينما يقوم التضخم بالسيطرة عليها وهي تعتمد إلى حجم مرتى . بعد ذلك يحدث التجمد الذي يبدأ به انخفاض معدل التمدد وسط انخفاض حراري . ومن الحرارة الكونية والجاذبية تنطق المادة . ويرد الكتل تدريجياً ويتخلف معدل التمدد إلى الظروف التي نلاحظها حالياً .

يسعدنا أننا كسبنا شيئاً من اللاشيء . في تضاريف مع المبدأ الذي نادى به الفيلسوف لوكريتيون بأنه « لا شيء يمكن أن يأتي من اللاشيء » . وكما قال الآن جوت ذات يوم : « يقال عادة أنه لا يوجد شيء يسمى وجبة بلا مقابل . ولكن يبدو أن الكون هو أكبر وجبة بلا مقابل يمكن تصورهما » . أحس هو كذلك ؟ أن كل الأشياء الجيدة مألوفة للفناء . والكون ليس استثناء من ذلك . فقد تمجد مصيره النهائي مع الثانية الأولى من نشأته .

مواشئ الفصل الخامس

(١) مترجم - بصرف - بواسطة مدوح الرضوي قسائد الفيزياء بجامعة عين شمس ، الناشر : البلد للنشر والصحافة والاعمال ، ٥٦ شارع ٧٦ بواجر القاهرة - (المترجم)

(٢) رغم أنه ليس العلم لإعطاء تاريخ للتصوي لتطور الفيزياء الكمية . غاندا نود أن نؤكد على كافة هذه الأفكار . مثل المبدأين غير المتطابقة مع المخطط الربحي في النظرية النسبية . كما نؤكد من خلال التعهد من التجارب كوسيلة مضمونة في وصف الطبيعة التي يعمل بها الكون - بل أن نحلل الفيزياء نورتن في تفسير نتائج بعض التجارب هي التي أدت لتطور الحاجة لنظريات جديدة . فالنظرية الكمية كعلمي بالعمل وسبقا نظريا . كإجابة نشاط الأديان على المستوى من الفيزياء

(٣) طبعا لعمالة بلاك الكمية . فإن كم الطاقة يزداد كلما زاد تردد الموجة . أي أن طويها الرضوي - (المترجم)

(٤) تسمى التوبالا موزون باي - (المترجم)

(٥) تسمى هذه الظاهرة « إشعاع مايكنج » - (المترجم)

(٦) من المبادئ السام بها أن النظم الفيزيائية تميل إلى التحول إلى مستويات الطاقة الأدنى .

(٧) إطلاق اسم « الأتمة » على الأتمة الكونية هو من قبل التجاوز . فهي ليست الأتمة على الإطلاق ، ولكنها جسيمات كما ورد في المتن ، وهو السبب في أن الكلمة وردت في المتن بين علامتي تنصيص إشارة لعدم مطابقتها - (المترجم)

(٨) حصل عليها نوراك عام ١٩٣٧ (مع شروينجر) . واكتبرسون عام ١٩٣٦ - (المترجم)

(٩) يشك الفلكيون في أن توجد « مادة مسوادة » تملأ الفضاء بين النجوم

(١٠) حصلوا على جائزة نوبل عام ١٩٨٠ - (المترجم)

(١١) يسير قدر التناقص ، أو الزيادة الأسية ، في القيمة الشورية لوضع حبة أرز في أول مربع في رقعة الشطرنج ، ثم مضاعفها كل مرة مع المربعات التالية . فيكون المطلوب في المربع الأخير ٢^{٦٤} حبة . أي حوالي ثمانية عشر بليون حبة ، (وهو إنتاج العالم من القمح بعدة قرون - (المترجم) . وبالتالي فلا بد ٦٤ من القنارات الكونية متنامية الصغر المتكررة في المتن . فإن كثرة في التصميم لثمين يعمل إلى حجم نواة الذرة - ثم في الفترة التالية مباشرة (الفلسفة والسكان) يعمل على ككل متر كامل

مطلق فقط يمكن لمبدأ ماخ أن يتحقق • والأكثر من ذلك ، فقد اقترح هوكنج نموذجاً مقبلاً للأسل الكمي للكون يكون فيه الكون منفلقاً •

وقد يكون التضخم قد أدى لانتفاخ الفقاعة الى حجم كبير ، لكنه لا يمكن على الإطلاق أن يحول (زمكان) منفلقاً الى آخر مفتوح ، ففي هذه الحالة ستكسب الجاذبية ممرتها في النهاية لا محالة • وبذلك سيتوقف التضخم • ثم يبدأ الكون في الانكماش الى حجم متناه في الصغر ، الى أن يلحق في مفرقة • وقد يستغرق ذلك وقتاً طويلاً للغاية ، ترليوناًت بعد ترليوناًت من الأهرام ، ولكن صورة النهاية الأخيرة ستكون صورة منمكسة من الثانية الأولى ، تتحول فيها المادة الى طاقة ، وتفسد الطاقة تسجج الزمكان الى أن تحيله الى تفرس مهول حول نفسه يتزايد الى أن يؤدي لاختلافاته كلية من الوجود • على أية حال ، فتواجد الكون كان على حساب قرص من الفراغ ، وكل ما فعله التضخم هو تأخير ما لا مندوحة عنه • ففي ليزياء الكم يمكن لأي شيء أن يظهر من العدم لفترة ، ولكن القرض سيسبب في النهاية •

نهاية الزمن ؟

ويشار لنهاية الكون على الصورة المبينة بـ • الانسحاق العظيم «big crash» ، أو أحياناً بـ • نقطة أوميجا «omega point» وهو ما يشبه إعادة الانعجار العظيم بالمكس ، لبدلاً من ظهور الكون فجأة من العدم ، فإنه يتفكك فائراً في العدم ، غير مختلف شيئاً وراس • والهم هنا ينبغي حريفاً - العدم ، فلا مكان ، ولا زمن ، ولا مادة • فالانسحاق العظيم هو النهاية الكاملة للكون الفيزيائي ، فتنتقل أوميجا هي نهاية الزمن • ولا يوجد توقع علمي أخطر من ذلك التحذير من الكارثة النهائية ، والذي يحمل منه تنبؤاً لا يقل عنه خطورة ، وهو أن كل المادة التي نشأ منها اليوم ، كافة المجرات مجتمعة ، لا تمثل سوى شيء يقارب واحداً في المائة من محتوى الكون من المادة •

وهذا التوقع مرتبط بما تتطلبه نظرية الجاذبية على الوجه المبين

في الفصل الرابع . من أن يكون الكون مطلقا ، وما تبينه المشاهدات من أن الفضاء مستو بقدر كبير - ويمكن من الحسابات المباشرة معرفة الكدر من المادة في كل متر مكعب من الفضاء المطلوب لاحظات الجاذبية التي نشاهدنا اليوم . والتي تبين للمشاهدات أن ما يرى من مادة قد لا يمثل سوى جزء من عشرة أو حتى من مائة من ذلك الكدر .

وإذا كان المنظرون يرجعون حاجتهم لافتراض وجود المادة السوداء إلى احتبتها في تفسير شكل الكون ، فإن نفس الحاجة تلوح لدى الكونيين لتمرير حركة المجرات ، والتي تبين الدراسات أنها في قبضة جاذبية أقوى مما تتيحه المادة المرئية . ولا يعلم أحد كنه مثل هذه المادة . وإن كان الطفل القدراتي بخصوصها أنها شيء عتيق من الانفجار العظيم .

وتسمح أعمال المنظرين إلى أن الانفجار العظيم قد انفرد ، بالإضافة إلى الجسيمات للكونة للمادة من الكثرونات وبروتونات وغيرها ، أنواعا أخرى غريبة . من ذلك جسيم « النيوتريو » *neutrino* ، وهو الجسيم الماروغ الذي يمكنه أن ينفرد جديرا من الرصاص بسبك سنة ضوئية . والذي يطوق البروتون عددا بنسبة بليون إلى واحد . أنها بقية هائلة من الميل ثانية الأولى . كما يوجد أيضا ما يسمى الأكسيون *axion* والفوتينو *photon* ، والجرايفينو *gravitino* ، والتي ترجع لصور أسبق . هذه الجسيمات ضعيفة التفاعل مع المادة لدرجة أن شيئا منها لم يشاهدنا لأن ، ولكن الأبحاث مضطمة لاقتناص بعض منها في القريب . على أن الجاذبية الجسمة لهذه الجسيمات يمكن أن تكون المسيطرة على الكون ، والمعدة لحسمه النهائي . فالميليات حائلة الطاقة التي تست في الكسر من الثانية الأولى . يمكن أن تكون قد انفجرت من جسيمات غريبة غير مرئية بالكدر الذي يمكن أن يبين المكان الحال لكتلة الطاقة المطلوبة لتحديد الحصر النهائي للكون .

وتأتي الشواهد على أن تأثيرا غير مرئي يملأ نفاذه في الكون من دراسة طريقة توزيع المجرات في الفضاء . ومع التأكيد على التوزيع المتساوي بقدر منهش للكون على مدى اتساعه . فإنا نشير بذلك إلى

متوسط التوزيع على مساحات شاسعة ، معترفين بعدم تحقق ذلك على المستوى المحلي ، وعلى الرغم من أن التساوى على المدى الواسع هو مفتاح فهم الظروف الأولية ، فإن عدم التساوى على المستوى المحلي له نفس القدر من الأهمية ، لبيان كيفية بدء الحيزود عن ذلك التساوى في المصور السحبية ، وربما أيضا المصير النهائي للكون . وتشير الدراسات الى أن مثل هذا الخروج عن التساوى يسطى رؤية لكل من بدء ونهاية الزمكان .

الى التائيتين الأولى والأخيرة .

وبط التسلل الكون

من النظرة العابرة للسله في الليل يتضح أن النجوم ليست موزعة بالتساوى في الفضاء ، ولكنها متكونة في مجموعات . وأوضح شاهد على ذلك درب التبانة . وكما ذكر في الفصل الرابع ، فإن ما يقرب من مائة بليون من النجوم ، بما فيها الشمس ، تكون درب التبانة ، والتي تأخذ شكل المجلة ، ويغطي الجزء المرئي منها مسافة ١٠٠ ألف سنة ضوئية عبر السماء . ولنتذكر أن هذه المجرة ذاتها هي عضو في مجموعة تكون كوكبة *cluster* مجرية ، وأن الكوكبة بحدودها عضو في كوكبة لائلة *supergalactic* ، تضم هذه آلاف من المجرات . وتظهر لنا المراقيب الكونية أن هذا التشكيل الهرمي سائد على مدى اتساع الكون .

وأصل هذا التشكيل الكوني هو من الفز المفاضيع في العلم الحديث . لماذا لم تتوزع المادة بالتساوى عبر الكون ؟ ما الذي دفع بالمادة الى التجمع في مناطق معينة من الفضاء ؟

ومن المفرد أن نعيد أصل هذا التكوين الى الظروف الأولية . لنمعي أن الكون ببساطة قد خلق هكذا ، وأن هذا التكويد قد فرض عليه منذ ليلاد . ولكن هذا الرأي قد عارضته دراسة الخطية الإشعاعية الكونية ، وهو الإشعاع الحراري لتختلف عن الانفجار العظيم . لدراسات الاختلافات الدقيقة في حرارة الإشعاع الآتي من المناطق المختلفة في الساء كانت ستبين عدم الانتظام الذي ساد في الغازات الساخنة التي ملأت الكون في

فترة مبكرة تعود إلى مليون عام بعد الانفجار العظيم . في تلك الحقبة ،
والتي تسمى عبا بـ «تسحق» من الأعوام ، تسبق عصر تكون المجرات .
وتبين نتائج ذلك المسح أن الكون كان منتظما بصورة مذهلة ، دون أية
إشارة إلى هيكلية واسعة النطاق . كما أن النجاح الذي حققته النظرية
التضخمية في تبرير ذلك يزيد من غموض لغز وجود عدم انتظام على
مستوى مجرات وكونيات مجرية نمت بالكون بعد المليون الأولى من
الأعوام .

وعلى الرغم من الانتظام في توزيع مادة الكون في الحقبة الأولى ،
فإن قوة الجاذبية كان من شأنها أحداث تشوهات تنمو باستمرار بمجرده
إنهاء التضخم . وما أن يبدأ تجمع من المادة في منطقة ما حتى تبرز
الجاذبية من المزيد من التجمع ، مع ازدياد في معدل العملية ، ويبدأ
الطريق بـ «تجمع» الكثافة . ولكن زيادة معدل تجمع المادة يمارسه
تعدد الكون ، وبالتالي فإن معدل التجمع للمادة يكون أبطأ من أن يبرد
تكون المجرات من مجرد سوء توزيع عشوائي لكثافة المادة لكون بما
منتظما بصورة تامة .

لا بد إذن من عامل تسبب في بدء العملية . باعتماد «نبرة» مجرية
تتجمع حولها المادة بصورة فعالة . وقد اتجه الفلكيون لفترة طويلة إلى
القول بأن الكون «مكثف» ، ولكن ذلك بالطبع لا يمثل تمليلا ، فهو
لا يزيد عن القول بأن الأمور على ما هي الآن لأنها هكذا كانت . وفي
الأونة الأخيرة ظهر احتمال لايجاد تبرير لعدم التساوي في كثافة المادة ،
مبنى على عمليات تمت في كسر التناظر . تذكر أن التضخم يتم فقط
للمدة التي استمرت فيها حالة الفراغ المستقر ، وانتهت بمجرد استعادة
الفراغ لحالته المستقرة . ولكن عملية التلاشي ، شأنها في ذلك شأن كافة
العمليات الكمومية ، معرضة للتغيرات ، بما يوافق مبدأ عدم اليقين لهايزنبرج .
وعلى ذلك فالتضخم لم يتوقف في كافة المناطق في نفس اللحظة ، وأهم
نتيجة لذلك هو عدم التساوي في الكثافة في الكون عما كان أثناء فترة
قبل التضخم . وعلى ذلك فالتضخم كان له أثره المزدوج في محور التغيرات

السابقة عليه وخلق تغيرات خاصة به • والأكثر من ذلك • فهذه التغيرات قد اتضح أن لها نفس التوزيع الذى يتطابق مع الشكل العام الذى نراه اليوم • ولو كانت هذه النظرية تمثل وصفا حقيقيا للكون • لكانا تعلم أن التغيرات الكمية المجهرية • والتى تولدت مع عدم يقين كس • يمكن أن ترى عبر السماء • أى أن المجرات ما هى إلا بقايا تغيرات «متجمدة» لعصر لا يتجاوز ١٠^{٣٢} من الثانية •

وعلى الرغم مما لنظرية التغيرات الكمية من وجاهة • إلا أنها ليست بلا مشاكل • فقد بينت حسابات عديدة مشلا أن التغيرات فى الكثافة ستكون من الكبر بدرجة لا تتوافق مع ما يشاهد من عدم انتظام الكون اليوم • كما أن هناك مصاعب فنية تجعل الفكرة أقل جاذبية • على أنه توجد نظرية منافسة تحاول أيضا أن تفسر دفع المجرات للكون • وهى أيضا تلجأ للمرحلة التى فيها تتلاشى المرحلة المستثارة من الفراغ • هذه النظرية تقسبه بين تلك المرحلة وبين ظاهرة مألوفة هى ابتداء منطقة الحديد • فبعد تسخين الحديد المصنط إلى درجة أعلى من درجة معينة • تسمى «نقطة كورى» Curie point • فإنه يبتدئ بصفته • وعندما يبرد الحديد فإنه يستعيد حالة المنطقة بصورة فجائية • على أن المنطقة لا تكون بنفس الصورة التى كانت عليها • بل يتجزأ المجال المغناطيسى إلى مناطق • لكل منطقة اتجاهها الخاص لمجالها • ويبدأ على ذلك الفرح أن تبريد الكون قد توله عنه أن كانت قوى الطبيعة مستتة الاتجاهات بنفس الصورة •

ولمناطق التجاور بين تلك المناطق أهمية خاصة • لأنها بصفة عامة مناطق من عدم التوافق بين الاتجاهات على جانبي الحدود الفاصلة • وينتج عن ذلك نوع من التسوية الموضع • مسببا شيئا أشبه بالقد • وقد عرضنا لهذا النوع من التسوية الطبولوجى فى الفصل الثانى • والذى من خصائصه تكوين سلسلة من الأنايب الرقيقة • خارج كل أنسوبة الفضاء الكس المتناز الذى نشاهده اليوم • ولكن بدلها سيحس الفضاء على حالة الابتثارة السابقة • ويتوله عن ذلك ما يسمى بالوتر الكونى cosmic string • وهو شيء ليس مصنوعا من مادة ما • بل هى أنابيب من

الطاقة المتبالية . فإذا كان شيء من ذلك موجوداً خفيفة ، فإنها تكون أشبه بكمسولة تجده فيها الزمن عند اللحظة ١ - $t=0$ من بدء نشأة الكون .

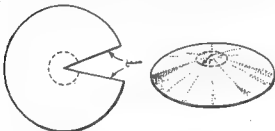
ويفترض أن للأوتار الكونية خواص غريبة . وفي أكثر صور النظرية المتألف عليها فهي لا يجب أن تكون ذات نهايات ، بمعنى إما أنها لانهاية الطول عبر الكون ، أو ذات حلقات مغلقة . ويبلغ من درجة تركيز المجال بداخل الوتر أن كيلومتراً من طولها قد يبلغ وزن الأرض ثلثاً . ولكن مغزى ذلك يظهر حين تتخيل ما عليه تلك الأوتار من نفاذ ، جزء من المليون - ترليون - ترليون من السنتيمتر . ولتصور ذلك فإن وتر طولها عبر الكون كله ، لا يشغل من الفراغ إذا تكور إلا أقل من حجم الخدوشة . وإن وزن هذه الكرة دون الفرية يكون ١١٠ طناً ، أي ما يساوي وزن كوكبة قاصدة من عدة كوكبات مجرية !

والخاصية الفرية الأخرى هي أن الأوتار رغم هذه الكتلة الموهلة لكل وحدة طولية منها ، لا تمارس أية قوة جاذبية على الأشياء المجاورة . فهي رغم أن لها قوة جاذبية هائلة ، لها في نفس الوقت قوة ضغط معادلة ، لكونه ذا جاذبية مضادة ، على نفس الصورة التي أوجست التنظيم .

وليس معنى ذلك أن الأوتار لا تسبب أي تأثير تجاذبي على الإطلاق . بل العكس هو الصحيح . فعلى الرغم أن الوتر لا يسبب تقوس الفراغ حوله ، فإنه يسبب تقوسها من نوع آخر ، يمكن تصويره على الوجه التالي : تصور شخصاً دار حول وتر منها دورة كاملة ، فيحسب المألوف لنا تتوقع أن يكون قد استدار ٣٦٠° ، إلا أنه في الواقع سيكون قد دار بأقل من ذلك من الدورات .

ويمكن أن نوضح ذلك بتصوير قطع جزء مثلث من قطعة ورق على شكل دائرة ، ثم إعادة لصق الورقة الأصلية ، لتتخذ شكلاً مخروطياً ، بالصورة المبينة في (الشكل ٢٨) . ورغم أن المحيط لم يزل دائرياً ،

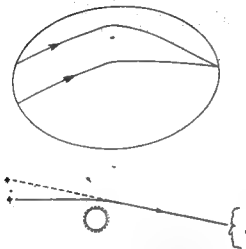
ألا أنه قد أصبح القمر - ويقابل سطح الورقة في مثالنا جزء من الفراغ متعامد على الوتر ، ودرس المخروط نقطة تلاقي الوتر مع ذلك الجزء ، ويكون تأثير الوتر هو التقطاع جزء من الفراغ بنفس الصورة ، واسطأه شكلا « مخروطيا » .



الشكل (٢٨) : حين يقطع جزء من قرص مسطح ، ثم يصعد لتصل القرص ، فيكون الشكل المخروطي المبين . ولهذا الشكل خاصية أن اللياقة المرسومة على سطحه ومركزها قمة المخروط تكون الل من ٢ ط . ويكون القطع في الاتجاه متعامد مع وتر كولي بمثلها لهذا الشكل المخروطي .

ولهذه الزاوية المقلوبة تأثيرات عامة . من ذلك أن شعاعين متوازيين من الضوء عند مرورها على جانبيين من الوتر سوف ينحرفان ليقتلعا . ويكون تأثيره أشبه بالعدسة الضوئية - فإذا وقع الوتر بين مجرة ومساعد على الأرض ، فإنه يرى صورتين متطابقتين لتلك المجرة (الشكل ٢٩) . وقد شوهدت بالفعل أزواج عديدة من صور متطابقة لكواكبات ، الأمر الذي يوحي أن كل زوج هو لكوازار واحد .

ولكن للأسف ! فإن تأثير العدسة قد ينتج أيضا عن مجرة أو ثقب أسود ، وبذلك لا يمثل دليلا على وجود الأوتار الكونية . على أن الدراسة الدقيقة لأزواج الصور قد يميز بين ما يحدث منها بسبب الأوتار وما يحدث بسبب الأجرام الفلكية . كان تكون الصورة المتكونة بتأثير الوتر ذات حواف حادة .



الشكل (٣٩) : انكسار الضوء في عدسة مقعرة الشكل الثاني في
التيه ، كما لو كانت مسطحة صلبة . ويرى المرء عدستين قصيرتي الضوء ، وليس
واحدة .

ومن التأثيرات الممكنة ملاحظتها حتماً يحدث خلال حركة الأوتار
معرضة خط النظر . فالضوء القادم من أجسام بعيدة له خاصية الانزياح
تجاه اللون الأحمر . وهذا الانزياح يعتبر مقياساً لدرجة تباعد الجسم
عنا . فلو أن كوناً اعترض مسار الأشعة بيننا وبين الجسم المرئي ،
فإن تغييراً طفيفاً في الانزياح الأحمر سوف يمكن ملاحظته . ونفس
التأثير سوف يلاحظ على الخلفية الإشعاعية الكونية ، حيث سيحدث تغير
طفيف في درجة حرارتها على جانبي الوتر .

وعلى مر العصور ، تعدد الكون تمعدا هائلا . وتباينت الحلقات ، كما تباينت سرعتها حتى وصلت تقريبا للسكون بالنسبة للمادة المحيطة بها . ومن وضعها الهادئ ، بدأت في تجميع المادة لتكوين المجرات . والكثير من الكونيين يعتقدون بأن الأوتار الكونية قد لعبت دورا رئيسيا في هيكلية الكون على نطاق واسع ، وإن منها ما لا يزال موجودا إلى وقتنا هذا . وإذا كان هذا صحيحا ، فكيف نستقصرها ؟ من الاحتمالات ما ذكرناه سابقا ، تأثير المسحة . ولكن أين توجه أبصارنا ؟

بماية يجب أن ينصب بحثنا على قلب المجرات ، كمجرتنا درب التبانة . ولكن ليس الكثير من الحلقات الكونية سيكون بالقيا . ويسته مصر الوتر على ديناميكيته . فالفرد في الوتر سيعاود أن يكسفه على نفسه . ولكن يمارض ذلك الحركة السريعة التي يمكن لأجزاء الوتر أن تكون عليها . تنبأ المائلات الحاسوبية بأن الوتر سوف يتلوى بنفس الكون المحيط ، هذه التموجات تسمى (موجات الجاذبية) .

تموجات في الفضاء

يتسبب جرم كبير كالشمس في التواء الزمكان بالقرب منه . وحتى تتحرك الشمس فإن التواء الفضاء والزمن يتحركان معها . وفي عقد الكون ، تحلل أجرام أخرى ، منها ما هو أكثر جرما من الشمس ، التواءاتها معها . وحتى يتلاقى جرمان ، فإن الالتواءات تتصادم ، مطلقة تموجات في الكون المحيط ، هذه التموجات تسمى (موجات الجاذبية) .

وكان أينشتاين أول من تنبأ بموجات الجاذبية في النسبية العامة ، عام ١٩١٦ . ولكن عقودا مرت دون إمكانية استشعارها رغم الجهود الاستكشافية . ومع ذلك فالنلكيون مقتنعون تماما بوجودها ، وما عزم الإحساس بها إلا للفلسف المتناهي للجاذبية .

وليس تصادم الأجرام هو فقط ما ينتج موجات الجاذبية . فمن الوجهة النظرية يشع أي جرم متحرك مثل هذه الموجات . ومن المصادر

الأخرى النجم أو السطوح الأجرام - ودوران أزواج النجوم حول بعضها البعض - واهتزاز الأوتار الفلكية - والاشعاع الذي يمت في مثل هذه العمليات ينتقل بسرعة الضوء - ويمكن أن يصل لنا من حيث المبدأ من أطراف الكون المرئي .

كيف إذن يمكن استعمار موجات الجاذبية ؟ موجات الراديو يحس بها من طريق ما تملكه بالتشحنات الكهربائية من اهتزازات (الالكترونات الموجودة في مادة الهوائي) - ولكن لما كانت الجاذبية تعمل على أي شيء ، وليس فقط الشحنات الكهربائية ، فإن جهاز الاستعمار بها يمكن من حيث المبدأ أن يصنع من أي شيء على الإطلاق - ولكن للأسف بسبب الضعف للتناهي للجاذبية ، فإن المواد مختلفة تماما لموجاتها ، ويتطلب الأمر أجهزة غير مسبوقة في درجة دقتها إذا كان لنا أن نحس بها .

ويجرى حالياً تصميم وبناء مثل هذه الأجهزة - وقد كان الجهاز الأول ، والذي صممه جوزيف ويبر Joseph Weber من جامعة ماريلاند ١٩٦٠ ، مكوناً من أسطوانة من الألومنيوم بطول ١٨٥ متر معلقة بسلوك ربيع في غرفة مفرغة - والصفت بالأسطوانة كشاشات حساسة لاستعمار أية حركة طفيفة تسببها موجات الجاذبية - وتبلغ درجة الحساسية قدرها لا يتصوره عقل ، قريباً من قياس المسافة بين الأرض والشمس لأقرب مسافة تساوي قطر الكرة - ناهيك عن الشوشرة الحادثة من أية اهتزازات دخيلة - كالااهتزازات الأرضية ، أو حتى ما يتسبب عن الاشعاع الحراري - كل هذه الاهتزازات يجب إخمادها .

وقد طفر العالم الفيزيائي جون أعلن ويبر عام ١٩٧٠ عن تسجيل اهتزازات متكررة عزاهها لموجات الجاذبية - وتفاخلت الجهود لانتاج كشاشات مشابهة ، دون تحقيق أي نجاح - وما زالت المحاولات تجري للتبريد إلى قرابة الصفر المطلق لإخماد الشوشرة الحرارية ، وتحسين الحساسية بطرق أخرى ، ولكن لم يبد في الأفق لأن تحقيق تسجيل مقنع لتلك الموجات - وقد استخلص من تجارب عديدة أن التذبذبات التي أعلن عنها ويبر منذ عشرين عاماً لم تكن سببها .

وقد أثناء ذلك ليجد فرق من الباحثين تصنيفات أخرى . ومن التصنيفات الواضحة تصنيف يعتمد على قياس شعاع من الليزر المنعكس من عدة مرآيا معلقة بدقة بالغة في غرفة خففة ، ويتصور ان أية اهتزازات دقيقة يمكن الاحساس بها من مقارنة اتجاهاات اشعة الليزر . ورغم التطور المتواصل في هذه الأجهزة فاقلة الحساسية ، فانه لا يتوقع قبل فترة الاعلان عن كشف حاسم لتلك الموجات التي طال انتظارها . ولكن كتلة المختبرين بان مجهوداتهم لن تلعب عبء قد عززت بما توصل اليه فريق من الباحثين في جامعة ماساشوسيتس عن تأثير موجات الجاذبية ، ليستخدم تلك كسكوب لاسلكي ضخيم في اريكيبو في بورتوريكو ، كان الباحثون لعدة سنوات يدرسون نظاما فلكيا يسمى PSR 1513 + 16 . هذا النظام عبارة عن نظام نجمي ثنائي ، أي نجمين يدوران حول بعضهما البعض . ولكنه نظام ثنائي له تميزه ، فكل النجمين قد اكتشفا الى حجم مدينة ، رغم ان كتلة كل منهما لا تقل عن كتلة الشمس . وعلى ذلك فقد ارتفعت كثافة المادة فيهما الى قيمة حائلة ، فكل عطلة من مادة يصل وزنها الى مليون طن ! في مثل هذا الانضغاط تتحطم حتى الذرات ، فيكون النجم مكونا من النيوترونات بصفة اساسية .

ويعتقد ان النجوم النيوترونية تتكون خلال انفجارات المستعرات العظمى (السوبرنوفا *supernova*) ، حين يتهاوى نجم ذو كتلة حائلة على نفسه تحت تأثير كتله . وفي هذه تكونها يعتقد انها تكون على سرعة دوران رهيبية ، عدة مئات من الدورات في الثانية الواحدة . والطلب عند النجوم لها مجال مغناطيسي ، وحين يتهاوى النجم ينكمش المجال فتزداد شدته ، فالنجم النيوتروني القليل الذي يكون مجاله اشد من مجال الأرض بترليون مرة . وحين يدور النجم يدور معه مجاله المغناطيسي ، فيتحول بذلك الى مولد كهربائي رهيب ، يقتصر الجسيمات المشحونة التي بجواره ، كالالكترونات ، فتدور معه بما يقارب سرعة الضوء . ويدوران النجم تدور معه الاشعاعات مثل ضوء الفناء . ويظهر التأثير من الأرض على هيئة نبضات قوية من الاشعاعات .

وقد كان أول اكتشاف لهذه التنبهات الراديوية عام ١٩٦٠ .
والكثير منها معروف اليوم ، وتعرف باسم « التنبهات » أو البصائر
« pulsars » ولكن النظام المذكور هو نوع خاص منها ، ومن ثم تسمى
« التنبهات الثنائية » .

ويقدم هذا النظام مثالا نادرا لرؤية موجات الجاذبية تمارس
نشاطها . فالزمن الدوري للنظام ، أي الزمن الذي يستغرقه نجم للدوران
حول رفيقه ، هو ثمانى ساعات لا غير ، بمعنى أن النجمين يتحركان بسرعة
دهولة في مجال جاذبي شديد . وعلى ذلك يكون كل نجم مصدرا لانبعاث
موجات الجاذبية . وعلى علوم البناء انشاعها باستنفاد طاقة النظام .
ونتيجة لذلك يتسائل للمدار تدريجيا ، ويتأولب النجمان في اتجاه
بعضهما البعض ، إلى أن يتصادما . هذا التقارب يتسبب على الأرض كثير
في سرعة التنبهات القادمة من النظام . وحتى أحس العلماء بذلك انبعاثهم
الطاقة طافية ، فقد تحقق أخيرا تنبؤ أينشتاين بأن نظاما كهذا يجب أن
يشع موجات الجاذبية ، قبل أن يصرف النجم بوجود النجوم النيوترونية .
وقد بينت القياسات أن تساؤل المدار يتوافق تماما مع حسابات النسبية
العامة في ذلك . وقد بدا أنه إذا كان لم يكن بعد استكشاف موجات
الجاذبية على الأرض ، فإنا على الأقل نشاهد أثرها (٢) .

وبالضبط كما تشع الأجرام النوية موجات الجاذبية ، فكذا تفعل
الأوتار الفلكية (الشكل ٣٦) . وفي حالة حلقة دوارة من الأوتار الفلكية ،
فإنه سيكون لها تأثيران ، أحدهما درامي لحد ما . فإلّا للوجبات لزم
يكون متناظرا من محيط المنطقة ، بل له نزوع أشد لاتجاهات معينة ،
ويتمدد ذلك على شكل الحلقة . ونتيجة لذلك تتعرض الحلقة لدفع في
الاتجاه الأشد ، مما يجعلها تنطلق كالصاروخ بسرعة قد تصل لـ ١٠٠
الضوء . وعلى ذلك خلو كانت تلك الحلقات هي بطور المجرات ، فلا بد أنه
قد غادرتها من وقت طويل .



الشكل (٣١) : حقل متشعب من وكر كوكبي في محور وافر لوجات الجاذبية . ومع اختلاف الموجات ، تتشكل حقل الحقل ، لتتكمّل .

والآثر الثاني هو أن بث موجات الجاذبية يستنفد طاقة الحلقة ، فتزداد الكمات على نفسها ، وتنتهي في نهاية الأمر إلى التلاشي ، ربما على صورة تلب أسود . ومعنى ذلك هل أي من الاحتمالين ، أنه ليس من المحتمل أن نجد منها ما هو باق الآن .

والآثر التراكمي لوجات الجاذبية المتشعبة من آلاف من حلقات الأوتار الفلكية في المصور السحيفة ، سيكون له ملا الفضا ، بكم متلاطم من التموجات ، بالضبط كسطح بركة تعرضت لرياح شديدة ، بعض من هذه التموجات يمكن أن تكون لها أطوال ، أي مسافات بين القيم المتتالية ، تبلغ عدة سنوات ضوئية ، عاكسة حجم الحلقات آنذاك . ومن بين آثار أخرى ، ستعمل هذه التموجات على التأثير على سرعة نبضات النجوم النابضة ، ليس في هذه المرة بسبب إشعاع النجوم ذاتها ، بل بسبب التموجات في الفضاء بينها وبين الأرض .

وكما ازدادت سرعة النجم النابض ، زادت حساسيته لهذا التأثير . وبعض النابضات تبث نبضات بسرعة عدة آلاف من النبضات في الثانية الواحدة ، فتتوالى النبضات بمعدل يصل إلى ثانية . هذه الـ « نابضات الخلية الثانية » هي الآن محل دراسة مستفيضة ، للبحث عن أي أثر لوجات جاذبية تنبعث من حلقات أوتار فلكية من المصور السحيفة .

الفصل رابع : وتر فلكي يقابل ثقباً أسود

لكون الوتر الفلكي مستويًا أن تصمم عراه . فإن السؤال يتور حول ما يحدث لو قابل وتر فلكي ثقباً أسود . فأي شيء يحدث للثقب الأسود لا يمكن أن يخرج مرة أخرى . يسا في ذلك جزء الوتر الفلكي ، ومن جهة أخرى ، فإن الثقب لا يمكنه أن يقطع الوتر دون أن يلفس عراه . والحل الأوضح هو أن يظل الوتر عالقا بالثقب . عندئذ يبدأ الثقب في ابتلاع الوتر كزوج من مصوات الاسباغتي . وفي حالة الوتر المستقيم فلن يكون على الوتر علامات تدل على سرعة هذا الالتهام . وبالنسبة للمراقب فلن يرى أي شيء يحدث . وفي الواقع يظل الموقف ساكناً ، فالثقب لن يزداد حجماً بسبب ابتلاعه للوتر ، لنفس السبب الذي به لا يظهر للوتر قوة جاذبية ، ألا وهو الجاذبية المضادة التي تعادل جاذبيته . وبالتالي لن تزداد جاذبية الثقب مهما كان طول الوتر المبتلع .

أما في الحالة الواقعية ، فاصطياذ ثقب أسود لوتر فلكي هي عملية أكثر تعقيداً . فالوتر لن يكون مستقيماً بصورة مثالية . وقد بينت المسائل الحاسوبية التي أجريت بواسطة إيان موس *Ian Moss* من جامعة نيو كاسل أن الوتر بالقرابه من الثقب سيظهر له طرف مستدق يقير للثقب . هذا الطرف يتحول إلى حلقة ، كحلقة وحيدة في لولب ، قد تتبعها حلقة أخرى ، ثم يتبع ذلك لولب لولب ، بحيث حين يصل الوتر للثقب لا يكون تشبه بمصوات الاسباغتي ، بل كطبق من الاسباغتي المختلط بلا نظام . فإذا ما كان الثقب دواراً (كما هي الحالة الغالبة) ، فإن هذا الخليط من الاسباغتي سيصور معه ، مصداقاً مزيداً من تقلد الموقف .

ويتجاوز الاهتمام ببقاء الثقب الأسود لوتر فلكي هذه التصورات الفلكية ، ليمس أساس علم الفيزياء . فطبقاً لما بينته مستهلين هارونج ، فإن الثقب الأسود لا يمكن أن ينقص حجماً . ويقول أكثر دقة ، فسطح الثقب الأسود إما أن يزداد أو يظل ثابتاً . والاستثناء الوحيد لهذا المبدأ هو الثقوب السوداء المجهريه ، والتي تقوم العمليات الكمية بتحويل طاقتها التجاذبية إلى جسيمات حقيقية ، مما يؤدي لتبخرها واختفائها في انفجار عنيف للطاقة .

وقانون سطح الثقب هو قانون أساسي في الفيزياء ، حيث أنه يمكن من تطبيق قوانين الديناميكا الحرارية على الثقوب السوداء . فسطح الثقب

الأسود يعتبر مقياساً للانثروبيا ، وتقليل سطحه يقابل تقليل الانثروبيا .
 ما يفرق قانوناً من أهم القوانين الأساسية للفيزياء .

وللمرحلة الأولى يبدو أن سطح التنبؤ الأسود سوف يظل ، بسبب
 عمية قطع السطح السابق شرحها (راجع الشكل ٢٨) . وقد يزداد كثير
 من العلماء ، جهداً للتوفيق بين ذلك وقانون عدم نقص الانثروبيا ، وذلك
 بتصور أن الوتر سيمد التنبؤ بطاقة تزيد من حجمه ، وبالتالي من سطحه .
 بما يعادل النقص الحادث على الأقل .

وقبل أن نترك موضوع الأوتار الفلكية ، يجب أن نفسر إلى أن
 تكونها يتضمن عمليات فيزيائية حدثت في وجود عصر التنبؤ
 والمسألة الجوهرية هو هل قبل أو بعد ذلك . فلو كانت سابقة ،
 لأسبابها التنبؤ هي أيضاً ، ولتلاشت بعد التنبؤ ، كشأن كافة التنبؤات
 قبله . ولتلاشت الأمل إلى حد كبير في أن تلاقي شيئاً منها . ولهذا
 السبب . فإن النظرية الشخصية والنظرية المتكافئة بالأوتار الكونية ينظر
 إليهما كبديلين . ولم يمنع هذا بتقريب الحال بعضاً من المنظرين من
 محاولة الجمع بينهما .

وكالتكثير من الأفكار التي عرضنا لها في هذا الفصل ، فإن هذه
 المحاولات من المنظرين في كتابهم لكسب قوتهم ، تطلب التعامل مع
 الفيزياء الكمية . وقد حاولنا إلى الآن تعاضد هذا الموضوع بالتفصيل ،
 حيث أن له شهرة في التعليل والصعوبة . كما أن بعض تنبؤاتها نهاية في
 الغرابة . ومع ذلك ، فلكي نواصل حديثنا ينبغي علينا التعامل شيئاً ما
 في هذه التفاصيل ، وهو موضوعنا في الفصل التالي .

هوامش الفصل السادس

- (١) مستحيل من الوجهة العملية . ذلك أنه يرسم حثث على سطح الأرض وهيئات
 مجموع زواياها ، يتبين لنا أن كانت خسلة أو ممتعة ، وهو ما يتصور نظرياً مع التكرار .
- (٢) كلمة تعني : يطلق مصطلح : موجات الجاذبية ، أيضاً على موجات الصوت .
 تخرج المحيطات ، حين لتحرك تحت تأثير الجاذبية ، ووجب الانتهاء لعدم الضغط بين
 المستطمين .

الفصل السابع

أماجيب السيكم

في كل مرة تنظر فيها الى ساعة مشعة ، فانت تشاهد احدي اعجب الفصليات في الطبيعة . فالترهج الحادث ينتج عن حسودة من النشاط الاشعاعي تعرف بانحلال الفا α decay . ومنذ اكتشافه في نهاية القرن التاسع عشر ، كان من الواضح ان انحلال الفا هو احد الظواهر المعجبية .

ولي نيوزيلندا كان ايرنست رذرفورد $Ernst Rutherford$ من اوائل من أجروا تجارب على اشعاع ، الفا ، كما كان يسمى ، وأعطاه هذا الاسم عام ١٨٩٨ . وبحلول ١٩٠٧ ، كان رذرفورد قد استنتج ان جسيمات الفا هي في الواقع ذرة الهيليوم وقد نزع عنها الإلكترونين المكونين لثقلها . هذه الذرة المنزوع عنها إلكتروناتها سميت فيما بعد بالنواة ، ونحن نعلم الآن ان جسيمات الفا مكونة من بروتونين ونيوترونين ، ولكن تركيب الذرة لم يعرف آنذاك الا بعد عدة أعوام ، حتى استخدم رذرفورد جسيمات الفا كقفوفات .

في هذه التجارب سلط رذرفورد وابلا من جسيمات الفا على خلايا رقيقة من الذهب . وقد اخترقت الغالبية من هذه الجسيمات الغلالة مثل طلقة تارية تحترق قطعة من القماش ، على حد تشبيهه ، بينما انحرف عدد قليل للغاية عن مساره . وبزاوية كبيرة ، كما لو كانت الطلقة قد ارتطمت بشئ صلب . وعلى رذرفورد ذلك بان كتلة الذرة مركزة في نواة لها ، واقترح ان تكون الذرة عبارة عن إلكترونات خفيفة للغاية تطوف حول تلك النواة على شكل سحابة مغلخلة . وتسميها الذرة بذلك من عدة نواح مع النظام الشمسي ، والذي فيه تطوف أجرام خفيفة نسبيا حول جرم مركز به أكثر كتلة النظام ، الا وهو الشمس .

ونطلق على نموذج رذرفورد لذلك « النموذج الكوكبي » • وبدلاً من التجاذبية ، فإن جسيمات الذرة مترابطة بفعل القوى الكهربائية ، فكل الكترون يحمل شحنة سالبة مقدارها الوحدة ، بينما تحمل النواة الشحنة الموجبة الكاملة ، والتي تساوي مجموع ما تحمله الالكترونات • فلذا كان هذا التصور صحيحاً ، فإن جسيمات ألفا التي تصطدم بالنواة هي قطع التي تساق من الانحراف المذكور •

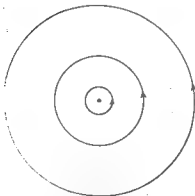
ولكن رذرفورد ووجه يقى مستغرب ، فلذا كانت جسيمات ألفا هي شظايا انبعثت من نواة يورانيوم مثلاً ، فلماذا من وجود آلية تدفعها لمقاومة النواة الأم ، وبمجرد أن تفادى النواة موجبة الشحنة ، فإنها ، وهي أيضاً موجبة الشحنة ، ستتأخر معها - فكيف ترابطت الشحنات الموجبة داخل النواة ، ولماذا لا تستلجج جسيمات ألفا الفخول مرة أخرى للنواة ، طالما أنها كانت موجودة بها ، واستطاعت الخروج منها ؟

وفي العشرينيات قام الفيزيائيون بتطوير الفكرة بأن الشحنات الموجبة في الذرة مترابطة بقوة أطلق عليها « القوة النووية القوية strong nuclear force » ، تملأ ، عندما تعمل على مسافات ضئيلة ، على قوة التماسك الكهربائية ، والتي سميت « القوة النووية الضعيفة weak nuclear force » • هاتان القوتان : التي تعمل على المسافات الكبيرة ، ولكنها الأضعف ، مع القوة ، تشكلن شيئاً أشبه بالعاجز غير المرئي حول النواة • فجسيمات ألفا بداخل النواة تكون محبوسة بداخلها بواسطة العاجز ، بينما لا تستطيع جسيمات منها في الخارج اختراق العاجز • والمسألة أشبه بكرة في أخفود لبركان خامد ، يمكن لها أن تنفلز منه للخارج إذا توفيت طاقة كافية ، وما أن تعمل حتى تندرج بعيداً ، ولكن كرة بالوادي يتحتم عليها أن تصعد الجبل قبل أن تسقط في الأخفود • ولكن هذا لم يجعل لفر عودة الجسيمات المنبعثة من النواة من العودة لها ثانية • ولم تعمل الحسابات المتعلقة بهذا العاجز المقترح إلا بتعيين الفراصة ، فلهذا اتضح أن الجسيمات المتسعة ليست لديها الطاقة التي تمكنها من عبوره • كما يثبت التجارب أن جسيمات بضعف تلك الطاقة غير قادرة على عبوره من الخارج • لقد بدا الأمر كما لو كانت جسيمات ألفا قد حُفرت بطريقة ما ، ثقلاً ، في العاجز •

نعم ، إن شيئاً غريباً يجري ! • هذا الشيء الغريب - التأثير النفقي tunnel effect - قد قام بشرحه الفيزيائي الروسي المولد جورج جاموف George Gamow عام ١٩٢٨ ، معتمداً في ذلك على نظرية ميكانيكا الكم الحديثة ، والتي قامت أساساً لتفسير الغرائب المتعلقة بالعالم الذري •

اتفاق الكمي

حين وضع رذرفورد تصوره « الكوكبي » عن الذرة ، لم يكن يعلم كيف تستقر الإلكترونات في مداراتها حول الأنوية . لهذا أمر غريب مرتبط باستقرار هذا النظام ، حيث إن قوانين الميكانيكا الكلاسيكية تنص على



الشكل (٣٦ - ١) : طاقة التزايد القلبية ، يجب على الإلكترون للدور حول الذرة أن يبعث موجات كهرومغناطيسية على الدوام ، فكل طاقة أنتجها مدارا أوليا فستفقد في الذرة .

(ب) اقترح بوهر أن الإلكترون يتخذ في مسارات محددة (مقيدة كمية) ، ويمكن للإلكترون أن يظل من مسار لآخر عند امتصاص أو يبعث موجات كهرومغناطيسية وبالعقد اللازم من الطاقة .

أنه يجب على الإلكترون في حالة دورانه أن يصدر إشعاعات كهرومغناطيسية ، مما يطلقه طاقته ، فيدور في مسار حلزوني تجاه النواة إلى أن يستقر فيها . بمعنى آخر . فإنه طبقا للفيزياء الكلاسيكية فإن مال الذرة للانحيار . أما ما يحدث بالفعل فامر مخالف تماما ، فالإلكترونات تحتل مستويات محددة من الطاقة ، تقابل مسارات على مسافات محددة من النواة (الشكل ٣٢) . ويمكن بالطبع أن تشع موجات كهرومغناطيسية من الذرة . ولكن ذلك يحدث في دفعات فجائية ، وحين يتم ذلك يطر الإلكترون من مدار آخر أدنى منه .

وكان وجود مستويات معينة للطاقة لفرز محيرا . من أين أتت ؟ وما الذي يبقى الإلكترونات بها ؟ وفي ١٩١٢ تولى هذه القضية نيلز بوهر بعد زيارته لردرفورد ، الذي كان يعمل وقتها في جامعة مانشستر . وبصورة نافذة وضع بوهر صيغة رياضية تعطي بدقة بالغة مستويات الطاقة لأبسط الذرات ، الهيدروجين ، وكم الطاقة المنتصة للإلكترون أو المنبعثة منه عند الانتقال بينها علوا أو انخفاضا . ولأقت الصياغة ترحيبا حارا ، ولكن لم يكن أحد يعلم لماذا تكون هذه المعادلة على هذه الصورة بالذات .

والخصيصة المميزة لمعادلة بوهر هي وجود ثابت بلانك ، والذي قدمه في مطلع القرن الفيزيائي الألماني ماكس بلانك لكي يفسر طبيعة الإشعاع الحراري . كما استخدم ثابت بلانك أيضا بواسطة أينشتين عام ١٩٠٥ لشرح الظاهرة الكهروضوئية ، وهي ظاهرة سريان الكهرباء في بعض المواد عند سقوط الضوء عليها . وقد بينت أعمال بلانك وأينشتين أن الحرارة والضوء (وكافة صور الإشعاع الكهرومغناطيسي) لا يمكن وصلها ببساطة عن طريق صورتها الموجية ، ولكنها يمكن ، في بعض المواقف ، أن تتصرف كسيمال من جسيمات أطلق عليها اسم « الفوتونات photons » . وقد حدد ثابت بلانك قيمة الطاقة التي يحملها كل فوتون ذي طول موجي معين . فالفوتون أشبه بعزمة من الطاقة ، سميت « الكم » (الجمع : كمات ، أو الكوانتا quanta) . وبينان احتياجه ثابت بلانك ، أقام بوهر رابطة بين كمات الإشعاع الحراري والتركييب الذري . فستويات الطاقة المسموح للإلكترونات أن تحتلها تعتمد ، مثل طاقة الفوتونات ، على ثابت بلانك .

ولكن ظل اللغز حول سبب انخلاء مستويات طاقة الإلكترونات هذه الصلة الكلية . وكانت بداية الحل على يد طالب فرنسي يسمى لويس دي بروجلي (Louis de Broglie) يسمى في كثير من الكتب دي بروجلي

عام ١٩٢٤ ، والذي وافته فكرة جريئة : لو كانت موجات الضوء تنصرف أحيانا كالجسيمات ، فربما كان الإلكترون ، والذي ينظر اليه بسادة كجسيم من جسيمات المادة . ينصرف أحيانا كالموجات ؟ وتطوروا لفكرته صاغ دى بروكس مساواة بسيطة بين فيها علاقة الطول الموجي مثل هذه الجسيمات بكمية حركتها . وكمية الحركة هي حاصل ضرب الكتلة في السرعة . وبين دى بروكس أن علاقة كمية الحركة بالطول الموجي يتضمن بدوره ، ثابت بلانك .

وعلى الرغم من أن دى بروكس لم يضع نظرية متكاملة عن الموجات للمادة (إذ يرجع الفضل في ذلك للفيزيائي النمساوي شروينجر) ، فإن فكرته قدمت التصور الملائم لشغل الإلكترون مستويات طاقة محددة حول النواة . فإذا ما تنصرف بصورة ما الإلكترون كسوجة ، فإنه لكي تنطلق الموجة مع المدار فإن قطر المدار يجب أن يكون عددا صحيحا من الطول الموجي ، بحيث أنه حين تلتف الموجة حول المدار تظل تماما . وهل ذلك لمن يحتاج ذلك إلا المدارات محددة ، والتي تمثل مستويات الطاقة المسوح بها .

ولقد قسم شروينجر تفاصيل هذا التوافق في معادلة تصف تنصرف الإلكترون بالقرب من النواة . وبمثل مساواة شروينجر ، ظهرت مرة أخرى معادلة بومر الخاصة بمستويات الطاقة لذرة الهيدروجين . وكان هذا هو النصر المؤزر للفيزياء . وفي السنوات التالية ، طبقت النظرية الجديدة ، المسماة بالميكانيكا الكمية ، بنجاح على عدة مسائل تتضمن الإلكترونات . وتشمل مساواة شروينجر الآن أساسا للفيزياء المتعلقة بالذرات والجزيئات والجوامد ، والكيمياء الفيزيائية . ولكن هذا النجاح الساحق لم يكن بلا ثمن . فكما كان شروينجر نفسه واعيا ، كان ذلك على حساب التخلي عن قوانين نيوتن التي حازت التبجيل على مدى قرون ، وابتدائها بالمعادلة الجديدة لموجات المادة .

وإذا كان الإلكترون ينصرف كالموجات ، فمن المقبول أن نتوقع أن تنصرف بنفس الطريقة كافة الجسيمات الأخرى ، وهو ما أكدته التجارب بالفعل . وما أن استقرت الصفة الموجية للجسيمات دون الذرية ، حتى أصبح من الواضح أن أشياء غريبة يمكن أن تحدث على مستوى الذرات والأنوية . افترض مثلا أن شعاعا من الإلكترونات قابل قوة مجال تمثل حاجزا كهربيا ، فإذا كانت قوة تنافر فمن الطبيعي أن نتوقع أن تنصرف الإلكترونات بعيدا . وإذا كانت القوة تجاذبا ، نتوقع انحرافها تجاه القوة . أما بالنظر للصفة الموجية ، فهذا التوقع الساذج معرض للاستثناء ، فكما

أن لوح الزجاج ينعكس بعضاً من الأشعة ويرد البقي الآخر (وهو ما يسبب صورة شاحبة لك على اللوح) ، فإن المجال التجاذب سيمعكس دائماً قدرًا من الإلكترونات . ومعنى ذلك أن بعض الإلكترونات ، قلة من الكثرة الغالبة ، سوف ترتد عن منطقة الجذب ، بالضغط كما لو أن كرة الببول اندلعت تجاه الحفرة ، وعند هبوطها غيرت رأيها ، فارتدت متباعدة عنها .

وبتقبل هذا التصرف الشاذ ، ليس من الصعب تبرير كيفية حدوث ظاهرة النطق المذكورة سابقاً لجسيمات ألفا . فكما أن الإلكترون له خواص موجية ، نفس الشيء لتلك الجسيمات . وعليها أن تتصور هذه الجسيمات محترقة داخل النواة بقوة الحيز ، كما تحجز موجات الضوء داخل صندوق مبطن بالمرايا .

وحين ينعكس الضوء بمرآة ، فإن جزءاً منه يخترق مادتها ، فيستمر داخله . أما إذا كانت المرآة مصنوعة من مادة رقيقة السبك ، فإن قدرًا من الموجات يمكن أن يخترقها ويسير للجانب الخلفي منها ، منوهة القوة . وما أن يسير المرآة حتى يستفيد خواصه كضوء طبيعي . ونفس هذه الظاهرة النفقية ظاهرة مألوفة مع كافة الموجات ، فهي تحدث مثلاً مع الموجات الصوتية . وفي حالة جسيمات ألفا فهي تسبب « تبرها » ضئيلاً من موجاتها عبر حاجز النواة إلى الخارج . وكما سترى ، يتضمن ذلك إن هناك احتمالاً ضئيلاً ، ولكنه ليس متعصفاً ، لجسيمات ألفا أن تشرى خلفاً عبر الحاجز وتخر من النواة ، فلذا ما أعطيت وقتاً كافياً ، فإن هذا سيحدث وقتاً ما .

ولكن ماذا عن لغز عدم حدوثها مرة أخرى للنواة ؟ يمكن الرد في عبارة : « إذا ما أعطيت وقتاً كافياً » . ففجرة اختراق جسيمات ألفا للنواة ضئيلة للغاية ، وقد يستغرق الأمر بلايين السنين لحدوث حالة من ذلك . وأما ملاحظتنا لذلك بالنسبة لليورانيوم فلأن جزءاً ضئيلاً منه مكتنف بالأنوية (لكونه من العناصر الثقيلة - انترجم) ، تتصارع فيها جسيمات ألفا من أجل الفرار . والطريقة التي تعمل بها الاحتمالات هي أنه إذا كان الاحتمال هو بليون إلى واحد ، فإن الأمر يستغرق لجسيم واحد بليون سنة ، وسنة واحدة لجسيم من بليون جسيم . فإذا راقبت ألف بليون من أنوية اليورانيوم لمدة سنة ، فإن لك أن تتوقع ألف حالة من اشعاع ألفا خلالها . وهكذا . فإذا ما أردنا رؤية العملية العكسية فلما أن نلحق النواة ببلايين من تلك الجسيمات ثم نأمل ملاحظة حالة اختراق واحدة ، أو لقليل جسيماً خارجها ولنتنظر بليون سنة .

عالم من عدم التأكد

وعلى غرابة التأثير التنفقي ، فمن الأغرب منه أن نعلم أن له تطبيقات عملية ، مثلا فيما يسمى « التناقي tunnel diode » ولعل أهم تطبيق للخاصية الموجية للإلكترونات هو ما يعرف باسم « التوصيل الفائق superconductivity » . فحين يمر التيار الكهربى فى موصل ، فإن سبيل الإلكترونات يواجه بمقبات عشوائية تسبب ما يعرف بالمقاومة الكهربائية . ولكن بعض المواد لها خاصية فقد هذه المقاومة تماما عند درجة حرارة تقترب من الصفر المطلق ، ومن ثم فإن التيار يمكن أن يمر بها للأبد ، دون أى فقد فى طاقته .

والخاصية الرئيسية فى موضوع التوصيل الفائق هي الخاصية الموجية للإلكترونات . فالإلكترون له مجاله الكهرومغناطيسى الخاص به ، والذي يتسبب فى تشويه الهيكل الشبكي lattice للمادة المتضمن بها قليلا ، وتشويه الهيكل الشبكي لجسيمات مشحونة يتسبب بدوره فى تشويه مجالها الكهرومغناطيسى ، فيؤثر بذلك على الإلكترونات الأخرى . ونتيجة لذلك ، يوجد تفاعل ضعيف بين الإلكترونات الحاملة للتيار والهيكل الشبكي للبلورة . وعند درجات الحرارة العادية تطفى الاهتزازات الحادثة فى البلورة نتيجة الحرارة على هذا التأثير الموانع ، ولكن عند درجات الحرارة المنخفضة تنضم تلك الاهتزازات ، ويظهر التبادل بين الإلكترونات على المسرح . هذا التبادل يمكن الإلكترونات من أن تتزاوج ، ويتسبب هذا التزاوج فى تغيير جذرى فى خصائصها . أحد هذه التأثيرات هو السماح لأعداد كبيرة من أزواج الإلكترونات بالتوافق الموجى ، منتجة موجات فائقة من الإلكترونات . هذه الموجة الفائقة ، تحت الظروف المثالية ، يمكن أن تنتقل حرة عبر حلقة من موصل فائق . فى زوجة مستقرة فى مستوى من الطاقة معين لا تتزعزع عنه (١) ، بالقيبط كما تحتل الإلكترونات مستويات معينة من الطاقة حول الفتوة . ويمثل الموصل الفائق فى ذلك ، من وجهة نظر معينة ، نواة ذرة ، ولكن على المستوى المرنى . وكأقلب التأثيرات الكمية ، فقد استغلت هذه الظاهرة عمليا ، بالانصر فى عمل مغناطيسات قوية لمسح الأجسام البصرية وغير ذلك من أجهزة .

وقد تم التصير عن الخواص الموجية للإلكترونات بأكثر من طريقة عملية . فالميكروسكوب الإلكتروني مثلا ، يستخدم الإلكترونات بدلا من الضوء ، ومن ثم يمكن أن يرى تفاصيل أدق . وتستخدم الموجات الإلكترونية والنيوترونية فى فحص للمادن بحثا عن أية عيوب يتكونها المعدنى .

كما يسقط شعاع من موجات النيوترونات على هدف ما . بحيث يمكن ضبط ترددها بدقة لتتوافق مع تردد أنوية الهدف ، وبهذه الصيلة يمكن مثلا قياس درجة حرارة وشمعة توربين نفاث بينما هو يعمل .

والمعجب ما في ظاهرة الازدواجية بين الخواص الجسيمية والموجية أنها ليست مقصورة على العالم الذري ودون الذري . فالأجسام المرئية من بشر وكواكب لها . من حيث المبدأ . موجاتها الكمية الخاصة بها ، نعتدها معادلة دي بروي للموجة . والسبب في أننا لا نحس بها (كان يتعرض شخص مثلا لتأثير النفق في كرسي يجلس عليه ، ليجد نفسه واقفا على الأرض) موجود في صياغة المعادلة نفسها ، فالطول الموجي للموجات يتضائل مع كمية الحركة ، ومعنى ذلك أنه كلما زادت الكتلة للجسم قل الطول الموجي . وعلى ذلك فطول الموجة للإلكترون في جهاز منزل يبلغ جزءا من مليون من السنتيمتر ، بينما يبلغ لبيكتريا طولا أقل من قطر ذرة ، ولكرة ١٠ - ٢٢ من السنتيمتر . كل جسم من هذه الأجسام يمكن أن يشق نفقا في حاجز ذي سمك متناسب مع طول موجته . مما يجعل فكرة استقلال ذلك للأجسام المرئية غربا من الفكرة .

على أن الفكرة في حد ذاتها . من وجود موجات مادية حتى على المستوى المايكرو ، مهما كان قصير طولها ، تنذر بحدلا خطيرا انخرط فيه العلماء لعدة عقود . ويرجع ذلك للسؤال المبدئي . ما كنه الموجات الكمية بالضبط ؟

ذلك أنه من الصعب تصور شيء في الطبيعة له خواص مادية وخواص موجية في نفس الوقت . وقد كان اكتشاف ازدواجية طبيعة الضوء والالكترونات صحت حيرة بالغة في البداية . وحتى بدأ العلماء يتحدثون عن الازدواجية الجسيم - الموجة لم يحددوا أن الفرق له الخاصيتان معا ، بل انه يمكن أن يظهر هذه الخاصية أو تلك ، بحسب الظروف .

وقد عد بؤهر فكرة ازدواجية الجسيم - الموجة لمبدأ عرف باسم « التكاملية complementarity » ، ويقصد به أن الظواهر التي تبدو متعارضة في الطبيعة هي في الواقع متكاملة . وعلى ذلك فيمكن النظر للخاصيتين الموجية والجسيمية للإلكترون على أنها متكاملتان ، كوجهي العملة . فالإلكترون يمكنه أن يتصرف كجسيم ، أو كموجة ، ولكن ليس أبدا بالصورتين ، كما أنه لا يمكنك الحصول على وجهي العملة معا .

ومن المهم للغاية مقابلة علماء النظر لموجة الالكترون كاعتزاز في وسط مادي ، كالموجات الصوتية مثلا . والتفسير الصحيح ، وهو الذي

افترضه بوهر في المعرفيات . هو أن همه الموجات هي طيفي للاختلافات .
 ونحن نتحدث عن موجة الإلكترون بالضبط كما نتكلم عن موجة الجريبة .
 فقولك أن ضاحية من مدينة أصبحت بسوجة جرائم ، يعني أن احتمال التعرض
 للجريبة في تلك الضاحية أكبر منه في بقية المدينة . وبالمثل ، فإن أشد
 موضع لموجة الإلكترون تمنى أكثر الأماكن احتمالا لتواجده ، دون استبعاد
 احتمال وجوده في مكان آخر .

وحقيقة أن موجات الإلكترون هي موجات احتمالية تمثل عتصرا
 حيويا في ميكانيكا الكم وفي الطبيعة الكمية للحقيقة . ومعنى ذلك أننا
 ليس بإمكاننا الجزم بما يمكن للإلكترون أن يفعله . فقط حساب
 الاحتمالات الممكنة هو كل ما بمقدورنا . هذا التصور الجوهري يمثل
 نهاية الحتمية في الطبيعة . فهي تمنى أن الإلكترون في موقعين متماثلين
 يمكن أن يتصرفا بطريقتين مختلفتين . وهذا يعني وجود عدم يقين كامل
 في العالم الكمي . هذا الواقع صبر عنه في مبدأ عدم اليقين لهايزنبرج ،
 والذي يعني أن الكميات وعن الملاحظة تتعرض للخطر من التغيرات
 العشوائية في قيمها ، مقارفا محدد بنات بلانك . وقد وجد أينشتاين
 في خاصية الاحتمالية في العالم الكمي صدمة أدت به للوقوف في وجه
 الفكرة بصراحة ، مرفعا القائلين بها بكولته الشهيرة : « إن الله لا يلعب
 بالنرد » . وقضي أغلب البقية من عمره يحاول عبثا البحث عن الساعة
 المنضبطة التي تصورها عقلية تحت الظاهر العشوائي للميكانيكا الكمية .

ويرى بوهر في السؤال عن ضاحية الإلكترون من حيث كونه جسيما
 أم موجة تساؤلا بلا معنى . فلكي يلاحظ المرء الإلكترون ، عليه أن يقوم
 ببعض القياسات ، وذلك عن طريق إجراء تجربة ما (قف المصفاة) .
 والتجارب المصممة للكشف عن الموجات تقيس دائما الخواص الموجية
 للإلكترون . بينما تلك المصممة للكشف عن الجسيمات تقيس الخواص
 المادية . فليس من تجربة على الإطلاق تقيس المزيج بين نواحي الخواص .

وتسبب التجربة الشهيرة التي أجراها في إنجلترا لأول مرة
 توماس يونج Thomas Young في مطلع القرن الثامن عشر مثالا كلاسيكيا .
 فهو قد أجرى تجارب على الضوء ، ولكن تجربة مقابلة لها أجريت بعد ذلك
 على الإلكترونات (٢) . وفي التجربة الأصلية أضواء مصدر ضوئي حادلا
 ذا تقنين ضيقين ، ثم استقبلت الصور المتولدة على شاشة خلفية
 (الشكل ٢٣) . وقد تتوقع أن الصورة المستقبلية هي بقعتان متداخلتان
 من الضوء ، ولكنها في الواقع متكونة من شرائط متعاقبة تتراوح بين
 الظلمة والأضواء ، تعرف باسم حروز التداخل interference fringes .



(الشكل ٣) : تجربة يونج - الضوء الناعم من مصدر (ثقب الشحنة الأولى)
 يمر خلال ثقبين متجاورين (الشحنة الثانية) ، ويستقطبان على الشحنة الثالثة ، وتبين
 الصورة المستقطبة فرقا من الضوء والظلام متعاقبة ، تسمى « حزوز التداخل » .

ويظهر حزوز التداخل في تجربة يونج هو دليل دامغ على الخاصية
 الموجية للضوء ، حيث أن الموجات لا تتداخل فإنها تكون بعضها البعض
 في مناطق (مناطق الاضمار) ، وفي مناطق أخرى تتلاشى فيما بينها
 (مناطق الاضمار) ، ومن البديهي أنه بتغطية أحد التربين فإن ظاهرة
 التداخل تختفي .

والأمر المستغرب هو حين نتصور الضوء مكونا من جسيمات ، هي
 الفوتونات . فعند اصطاف الشعاع الضوئي لدرجة مرور فوتون بعد
 الآخر من المسوعة ، وتسجيل الأثر التراكمي لوصول أعداد الفوتونات
 واحدا وراء الآخر لمدة طويلة ، وفي التجربة المكافئة تلتف أعداد الالكترونات
 خلال النظام ذي الشقين ، وتستقبل الالكترونات على شاشة واقفة
 كشاشة التلغاز . ويكون الشكل النهائي من الرهشات المتتالية المبررة
 من وصول الالكترونات واحدا وراء الآخر .

تذكر أننا بسبب عدم اليقين لا نستطيع أن نتكهن بمكان مسقوط
 الفوتون أو الالكترون بالضبط ، ولكن متوسطات النتائج التراكم من
 التلغ المتتالي للرد الكمي ، سيجعل النمط النهائي يتخذ شكلا مينا .

وأيضا خلال الزمن - وقد بين هويلز كيف أن القرار بالنسبة لنتيجة التجربة في اظهار أى من الخصيصتين يؤجل الى ما بعد عبور الثقب • فمن الممكن أن « ننتظر للوراء » من موضع الصورة على الشاشة لتعلم من أى ثقب عبر جسم ما ، أو قد نقرر ألا ننظر ، مبقيا على نسط التداخل يتشكل على مسجيته • وقرار مجرى التجربة حول أن ينظر أو لا ينظر لتختلف لحظة وصول الجسيمات للشاشة ، يحدد إذا ما كان الضوء قد تصرف كجسيمات أو كموجات في لحظة سابقة ، عندما عبر الثقبين عند الحائل الأول •

وقد أطلق هويلز على ذلك تجربة « الاختيار المؤجل delayed choice » - وقد أجرى كارول ألي Carroll Alley من جامعة ماريلاند تجربة مبنية على هذه الفكرة ، اكدت وجهة النظر هذه تماما • وكان الجهاز المستخدم يتضمن نظاما من أشعة الليزر ، ورغم أن التأجيل لم تجربة كهذه لم تزد ثيرته من جزء من بليون من الثانية ، إلا أن مبدأ خطيرا له تأكد كمشكلة واقعة • وقد وسع هويلز من الفكرة الى مثال متطرف ، حيث تقدم الطبيعة نوعا من نظام ذي شقين على المستوى الكلى • قد لفتنا في الفصل السادس أن جاذبية المجرات أو الثقوب السوداء أو حتى الأوتار الفلكية قد تحنى الضوء على شكل عمسة • وقد يتخيل المرء مصعدا للضوء على البعد السحق ، يشبه نجم (كوازار) مثلا ، يمت بالفوتونات لتصبح في البؤرة على الأرض (الشكل ٣٤) • ومسارا الضوء يلعبان دور نظام الشقين ، حيث أن الشعاعين يمكن أن يجمعما على شكل حزوز تداخل • فإذا ما استنهض مبدأ الاختيار المؤجل ، فإن قرار مجرى التجربة للكشف عن أى من الخاصيتين الجسيمية أو للموجية لضوء الكوازار يؤثر على طبيعة ذلك الضوء ، ليس فقط أجزاء من بليون من الثانية من الماضي ، بل لمدة بلايين من السنوات مضت ! وبمسيرة أخرى ، فإن الطبيعة الكمية للتحليقة تنفسن تأثيرات غير محلية ، يمكنها من ناحية المبدأ أن تنفذ لأفوار الكون وتسدع عبر دهور من الزمان •



الشكل (٣٤) : جرم ذو كتلة كبيرة ، كنجمة أو حلي ثقب أسود ، يمكن أن يلعب دور عمسة جاذبة • فليضوء القادم من مصادر بعيدة يمكن أن يلحنى لاتجاه انحناء المسار المحيط بالجرم بسبب الجاذبية • والأكثر يمالئ على نطاق كبير انحناء الضوء بسبب انحناء المسار (الشكل ١٦) • ويمكن أن يلحنى الفكر من صورة لعصر الضوء ، كمثل انحناء به طبيعة الأوتار الفلكية (الشكل ٢٩) •

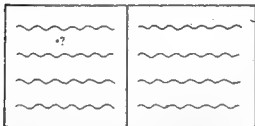
على أنه يجب الانقياد إلى أنه لا يمكن استغلال مبدأ الاختيار المؤجل لإرسال معلومات إلى الماضي . فليس لك مثلا أن تستخدم التجربة لكي تبث إشارة للمشاهد آخر هند مصدر الضوء . أي عند عدة بلايين من السنوات في الماضي . إن أية محاولة لتسكين المشاهد الآخر من الرؤية في المستقبل ، من شأنها أن تشوه الحالة الكمية وتفسر ذات الإشارة التي يحاول المشاهد الأرضي بثها . ومع ذلك ، فتجربة الاختيار المؤجل تبين بصورة توضيحية أن العالم الكمي يمتلك طبيعة هيولية تخترق الزمن والنفساء . فليبدو الأمر وكأن الموجات المادية تعلم مسبقا إلى من المرشحين سوف يختاره مجرى التجربة .

ولعل أكثر ما في هذه المراسلات من المارة للقلق هو أنه يبدو أن للمشاهد دورا جوهريا في بيان وجه الحقيقة على المستوى الكمي . ولقد أزعج هذا كلا من العلماء والفلاسفة لوقت طويل . ففي عصر ما قبل الكم للفيزياء ، كان كل امرئ يفترض أن العالم الخارجي له خصائص ثابتة ومحددة . لا تختلف بمراقبتها من عدمه ، أو بكيفية تلك المراقبة . بالطبع قد تتداخل المراقبة في بيان الحقيقة . حيث أننا لا نستطيع أن نراقب شيئا دون التداخل معه طبيعيا لدرجة ما . ولكن المبدأ هو أن هذا امر عرضي متعلق بدقة الملاحظة ، ويمكن التسلل . من حيث المبدأ على إزالة الخطأ الناتج بسبب ذلك إلى أكبر قدر ممكن ، أو إجراء التجربة بصورة تأخذ في الحسبان مصادقته تماما . ولكن الفيزياء الكمية تقفم لنا نوعا آخر تماما من الحقيقة ، يتفاعل فيها المشاهد مع الشيء الذي يشاهده بصورة لا تقبل الانفصام . فتأثير عملية الملاحظة هي جزء لا يتجزأ من الحقيقة التي يتم الكشف عنها . ليس لنا أن نفلل من قدرها أو نسلل على مصادقتها .

والذا ما كانت الملاحظة هي أمر جوهري في طبيعة الحقيقة الكمية ، فإن هذا يؤدي بنا إلى التساؤل حول ما يجري حقيقة عند مراقبة الكترون أو فوتون . ولقد ذكرنا من قبل أن الطبيعة الموجية للانقياد المرئية هي بشر ذي وزن يذكر في الحياة المادية ، ولكن مع إجراء التجارب الكمية فإنه يبدو أن الخصائص الموجية لأجهزة القياس ، بل والفراد ، لا يمكن تجاهلها .

ويتضح دور المشاهد فيما يسوف باسم « مفارقة القياس the measurement paradox » . فبمثل جدلا أن الموجة الخاصة بالكرونو قد احتويناعا في صندوق ، وبدعى أن الجسم ذاته في موضع منه .

تخيل أننا شطرنّا الصندوق شطرين ، وأقمنا حاجزا بينهما (الشكل ٣٥) . طبقا لقواعد الكم ، فإن موجة الإلكترون ما زالت موجودة في كلا الصنفين ، عاكسة خلفية أننا في بحثنا عن الإلكترون فانه يحتل وجوده في أيهما . ولكن المنطق البديهي يفرض أنه لا يمكن أن يوجد إلا في إى من الصنفين . تخيل الآن شخصا ما نظّر بالفعل ، ورأى الإلكترون في جزء ما ، من الواضح أن الموجة الاحتمالية يجب أن تختفى من النصف الآخر ، حيث علم الآن أنه خار .

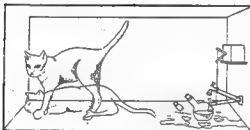


- الشكل (٣٥) : إلكترون موجود في قسم من صندوق ، ثم وضع فاصل بين الجزئين . الموجة الاحتمالية للإلكترون منتشرة في الجزئين ، مما يعكس احتمال وجوده في أيهما . بينما ينفذ المنطق البديهي أن الإلكترون ، يكون جسيما يجب أن يكون في أحد الصنفين .

إن ما جرى بالنسبة للموجة ، وهو ما يطلق عليه غالبا ، انهيار المعادلة الموجية collapse of wave function يبدو أنه كان بسبب عملية المراقبة . فإذا لم يتم بها أحد ، فلن تختفي أبدا . وعلى ذلك ، فيبدو أن تصرف جسيم كالإلكترون تعتمد على كونه تحت المراقبة أم لا . هذا الأمر مزعج للغاية عند الفيزيائيين ، ولكن قد لا يكون بهذه الأهمية لدى العامة . فسنبدأ الآن ببحث خلفية بما يملئه الإلكترون ونحن لا نراقبه ؟ ولكن للمسألة تتجاوز الإلكترونات . لو أن الأشياء المرمية تمتلك خاصية موجية ، فإن سياد الطبيعة لكافة الأشياء سوف تقلب أدرج وراح الكم .

ويضمّر الكثير من الفيزيائيين بعدم الارتياح لفكرة وجود خواص موجية للأشياء المرمية ، تلعب دورا في نتائج التجارب التي تجرى عليها . والسبب هو إمكانية تصور شكلين موجيين متداخلين ، بينما يعمل كل

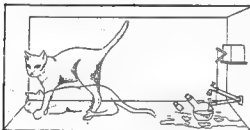
منهما حالة منالفضة للحالة الأخرى . وأشهر مثال تخيل لذلك هو ما يسمى « قطة شرودينجر » . فقد تخيل شرودينجر قطة محبوسة في صندوق يحوى قارورة بها مادة السيانيد السامة ، ومطرقة فوقها (الشكل ٣٦) ، ومادة مشعة . تنبع جسيم ألفا بعد فترة من الزمن ، وهو ما يمكن الكشف عنه بعدد جيجر . ولنتصور أن التجهيز بحيث أن جسيم ألفا حين انشاعه يتسبب في انزال المطرقة على القارورة فتكسرها . مسببا وفاة القطة في الحال .



الشكل (٣٦) : تصوير للجربة القطة شرودينجر . تبين حالة مفردة القطة حية وميتة في آن واحد (لتوضيح معنى القطة ، هذه تجربة ذهنية) .

لنا أن نتصور أنه بعد فترة من الزمن أصبح جسيم ألفا محتبسا جزئيا في النواة ، لم يؤذن له بعد بالتسلل عبر النفق . وجزئيا قد تساق بالفعل . وهو ما يمثل الاحتمال المتساوي للحالتين . والآن ، فإن كل عناصر التجربة ، عدد جيجر ، والمطرقة ، والسهم ، والقطة ، كلها تعامل كموجة كمية . للمرء إذن أن يتصور وضعين . في الأول تم انشاع الجسيم ، وسقطت المطرقة ، وماتت القطة . والوضع الآخر لم يحدث شيء من ذلك ، والقطة على قيد الحياة . وبما أن الموجة الكمية يجب أن تتحدى على كل الاحتمالات ، فإن الوصف الكمي لمحتبوسات الصندوق بأكملها يجب أن يتكون من شكلين موجيين متضادين . الأول هو المبر من حياة القطة ، والثاني يسبر عن وفاتها . في هذه الحالة المختلطة ، لا يمكن اعتبار القطة حية قطعا أو ميتة قطعا ، ولكن في حالة عجيبة بين الحالتين . هل معنى ذلك أنه بإمكاننا أن نصمم تجربة تكشف بها عن هذه الحالة القليلة ، قطة حية - ميتة ؟ كلا ! فمن يفتح المشاهد الصندوق

منهما حالة منالفضة للحالة الأخرى . وأشهر مثال تخيل لذلك هو ما يسمى « قطة شرودينجر » . فقد تخيل شرودينجر قطة محبوسة في صندوق يحوى قارورة بها مادة السيانيد السامة ، ومطرقة فوقها (الشكل ٣٦) ، ومادة مشعة . تنبع جسيم ألفا بعد فترة من الزمن ، وهو ما يمكن الكشف عنه بعدد جيجر . ولنتصور أن التجهيز بحيث أن جسيم ألفا حين انشاعه يتسبب في انزال المطرقة على القارورة فتكسرها . مسببا وفاة القطة في الحال .



الشكل (٣٦) : تصوير للجربة القطة شرودينجر . تبين حالة مفردة القطة حية وميتة في آن واحد (لتوضيح معنى القطة ، هذه تجربة ذهنية) .

لنا أن نتصور أنه بعد فترة من الزمن أصبح جسيم ألفا محتبسا جزئيا في النواة ، لم يؤذن له بعد بالتسلل عبر النفق . وجزئيا قد تساق بالفعل . وهو ما يمثل الاحتمال المتساوي للحالتين . والآن ، فإن كل عناصر التجربة ، عدد جيجر ، والمطرقة ، والسهم ، والقطة ، كلها تعامل كموجة كمية . للمرء إذن أن يتصور وضعين . في الأول تم انشاع الجسيم ، وسقطت المطرقة ، وماتت القطة . والوضع الآخر لم يحدث شيء من ذلك ، والقطة على قيد الحياة . وبما أن الموجة الكمية يجب أن تتحدى على كل الاحتمالات ، فإن الوصف الكمي لمحتبوسات الصندوق بأكملها يجب أن يتكون من شكلين موجيين متضادين . الأول هو المبر من حياة القطة ، والثاني يسبر عن وفاتها . في هذه الحالة المختلطة ، لا يمكن اعتبار القطة حية قطعا أو ميتة قطعا ، ولكن في حالة عجيبة بين الحالتين . هل معنى ذلك أنه بإمكاننا أن نصمم تجربة تكشف بها عن هذه الحالة القطة ، قطة حية - ميتة ؟ كلا ! فمن يفتح المشاهد الصندوق

ليري ما بداخله ، فانه سوف يرى احلى الحالتين . يبدو الامر كما لو كانت الطبيعة تؤجل قرارها بشأن الحيوان المسكين الى ان يقرر احدهم اختلاس النظر . ولكن هذا يتبر السؤال البديهي : ما الذي يجري حقيقة حين لا ينظر أحد ؟

ومن الواضح من تصور تطبيق الخواص الموجبة على الأشياء المرئية ، والحية منها ، انها تثير قضايا عميقة حول طبيعة الحقيقة ، والعلاقة بين المصاحف والعالم الفيزيقي . وقد وضع مثال اللقطة السابق عمدا ليصور بعمق مبالغ فيها الطبيعة المتناقضة لأعاجيب العالم الكم ، ولكن نفس الظاهرة تحدث كل مرة يشع فيها جسيم ألفا من نواة ، وتمارس دورها بلا كلل على المادة المشعة في عتارب ساعاتنا الضوئية .

ولم يحدث اتفاق بين الفيزيائيين على حل مشكلة قطرة شرويدنجر . فيذهب البعض الى ان ميكانيكا الكم تفشل عند مستوى الرياضيات ، ويذهب رأى آخر الى ان ميكانيكا الكم لا تقول لنا شيئا عن الأفراد ، من جسيمات أو قطط ، بل عن الأعداد الظهيرة منها على صورة احتمالية . ولكن ذلك يعتبر مراوغة عن اجابة السؤال حول ما يحدث للقطعة بالفعل .

ولعل أكثر محاولات تلميح هذه الغرائب الكمية هو ما يسمى بنظرية الإكران المتعددة many universes theory أو التاريخ البديهي histories (alternative) . ففي موضوع تجربة اللقطة ، تقول النظرية ان الكون له انقسام لتوعين من الخفايا للتأيشة ، أو المتوازية ، لقطة حية وأخرى ميتة . ورغم ان الأمر يبدو كالتخيل العلمي ، فان النظرية تتفق تماما مع ميكانيكا الكم ، لها أنصاف عديدين ممن لهم وزن في علم الفيزياء . ولسوف نلقى نظرة أكثر تفصلا لهذه النظرية عما قريب .

وقد وضعت نظرية الموائم المتوازية كما رأينا فتحل مشكلة جوهرية متعلقة بطبيعة الحقيقة كما تبدو داخل العالم الذي ودون الذي . فبسبب خاصية ازدواج الموجي - الجسيمي لكترونات مثل الالكترون ، فانه من المستحيل ان تضع لها بعض الخواص ، كان تكون لها مسار محدد في الفضاء ، كما تموداه بالنسبة للأشياء المرئية كسائر طلاقات الرصاص أو مفارقات الكواكب . وعلى ذلك ، فانه اذا ما انتقل الكترون من الموضع (1) الى الموضع (2) ، فان مساره يكون مشوشا ببدأ عدم اليقين الكمي كما صاغه هيزنبرج . ان معنى صياغات لبقاً تقول انه من المستحيل ان نقيس الموضوع والسرعة معا لجسيم كمي . اما الصيغة

الأعلى ، فنقول ان الجسم ليس له بالفعل قيم محددة للموضع والسرعة في نفس الوقت . فإذ ما أردت قياس الموضع بدقة ، فسيكون ذلك على حساب الدقة في السرعة . والعكس بالعكس . انه لتوجد مقايضة تلوح في التصور بين القيمتين . فبمستطاعتك الوصول للدرجة دقة المعلومات كما تشاء ، ولكن على حساب الدقة في معلومة أخرى .

وقد صادفنا مبدأ عدم اليقين عند حديثنا عن البهولية الكمية . والفراغ . ومبدأ الزمن . وهو نفس عدم اليقين الذي يؤثر في الطاقة وفي الزمن ، ويخبرنا كيف ان الجسيمات التقديرية تبرغ لنا عن اللاشيء ، لتفنى على التو . هذا القدر من عدم اليقين لا يتبع من قصور بشري . بل هو خصيصة كامنة في الطبيعة . فمهما حاول المرء من ثمر للدقة ، ومن تطوير لقوة الأجهزة ، لنن تهر الفوضى الكامنة في عدم اليقين الكمي .

والمقايضة بين الدقة في الموضع ومثلها في السرعة هي مثال آخر لتكاملية الكمية في ممارستها لدورها . فقد اتضح أنها على علاقة وثيقة بتكاملية الجسيم - الموجة . فالموجة المصاحبة للإلكترون هي بطبيعتها شيء منتشر ، ليس له موضع محدد . ولم أنها تحوي شحنة من المعلومة المتعلقة بالسرعة . وفي المقابل ، فالجسيم المصاحب للإلكترون هو بطبيعته ، شيء يحتل موضعاً محدداً ، ولكن موجة تضالبت الى نقطة لا تحصل معلومة عن سرعة الإلكترون . ان لك قياس موضع الإلكترون ، حينئذ لن نعرف (ولا هو) كيف يتحرك . ولك ان تقيس السرعة للإلكترون ، ولن يتاح لك لو له تحديد مكانه .

محنة أينشتاين

في بداية عصر نظرية ميكانيكا الكم ، انقسم العالم الفيزيائي بشأن نتائجها الشاذة معسكرين . كان على رأس الأول نيلز بوهر ، وعلم الذين تقلبوا تماماً المفسون غير الحتمي للنظرية ، وأصرروا عليه كخصيصة جوهرية للعالم الكمي . وكان على رأس المعسكر الثاني أينشتاين ، العالم الذي لا يتحرك قفزه ، والذي أصر على أن النظرية تعتبر غير تامة طالما أنها تلعب لهذه المقولات غير المنطقية . وكما أسلفنا القول ، فقد كان أينشتاين يأمل في أن يكون وراء عالم الكم السجيب حقيقة خفية للأشياء والقوى التي تفاعل بالصورة التقليدية طبقاً للأسباب والنتائج . وقد افترض أن حلاية نتائج التجارب هي نتيجة للتصور فيها ، مستقلاً أن أجودنا ليست مهية بطبيعتها للكشف عن التفاصيل الدقيقة للتغيرات التي تكمن

وراء تلك المسالك الغريبة للجسيمات دون الذرية - أما بوهر فقد ذهب إلى أنه ليس لهذه الهيولوية سبب ما ، وإن ساعة نيوتن الكونية للمنظومة قد ولت زمانها . وبدلاً من قواعد صارمة للأسباب والنتائج ، فإن المادة تخضع لقوانين الصدفة . فلعبة الطبيعة أقرب للعبة الروليت ، منها للعبة البلياردو .

وقد تركز أغلب الجدل حول الحقيقة الكمية على شكل « تجارب ذهنية » *thought experiment* ، كذلك التي عرضنا لها في قطة شرويدنجر . وقد دار الصراع بين أينشتاين وبوهر على هذه الصورة ، حيث يطعن أينشتاين مولفاً تخيلياً يتوسم فيه أنه سيفهم بوهر ، ويقوم بوهر من ناحيته بتفنيد الموقف ، واستمرت اللعبة إلى أن كف أينشتاين عن محاولته ، مركزاً على محاولة بيان النقص في النظرية . ومعنى ذلك أن أينشتاين ربما يكون قد اعترف مكرهاً بما في النظرية الكمية من حقيقة ، ولكنه لا يرى فيها كل الحقيقة .

وانصب الجدل حول عدم اكتمال النظرية على مبدأ عدم اليقين . وقد أراد أينشتاين أن يبين مثلاً ، أن للإلكترون موضعاً محدداً ، وسرعة محددة في نفس الوقت ، حتى ولو كانت أجهزتنا تشوه من إحدى المتروعتين عند قياس الأخرى . وقد حاول تخيل طريقة يبين بها أن « عناصر من الحقيقة » يمكن أن يلحق في نفس الوقت بالصفحتين المتكاملتين . وكانت أقوى محاولاته ، والتي صاغها مع زملائه ناثان روزن *Nathan Rosen* و بورييس بودولسكي *Boris Podolsky* لتعرض الحصول على معلوماتي الموضوع والسرعة لجسيم باستخدام جسيم آخر . فحين يرتد الجسيم الثاني من الأول الذي هو محل بحثنا ، فإنه يحمل معه معلومات عن موضع وسرعة الجسيم الأول ، بالفسيط كما تحمل كرة البلياردو المرتدة معلومات عن سرعة واتجاه الكرة التي اصطدمت بها . من القوانين المتبادلة للتصادم .

لتعرض أن لدينا جسيمين (١) و (ب) ، تصادما وتباعدا إلى مسافة كبيرة . إن لنا الآن أن نقيس موضع أو سرعة الجسيم (ب) . فإذا قسمنا الكمية الأولى ، فسيمطينا ذلك دليلاً على موضع (١) . ولكن بإمكاننا أيضاً أن نقرر قياس سرعة (ب) ، ونمتنيط منها سرعة (١) . ورغم أن قياس موضع (ب) سوف يؤثر على قياس موضعه ، والعكس بالعكس ، فإن عملية القياس التي تجري على (ب) لن تؤثر على (١) ، لا بينهما من تباعد . وفي النهاية لن يمكن للقياس الذي يتم على (ب)

أن يؤثر على (أ) . حتى يبلغ التباعد بينهما مسافة سرعة الضوء . وهو الجهد الأقصى للسرعة كما تحدده النسبية . وعلى ذلك . فإن القياس الذي يجري على (ب) لن يؤثر على (أ) .

ويبدو أن ذلك قد حسم المسألة . حيث أنه بما أن المشاهد يمكنه قياس سرعة (ب) أو موضعه . مستشفاً من ذلك القبية المقابلة لـ (أ) . وبدون أي تأثير على هذا الأخير . فإنه بالتأكيد لابد أن لـ « عنصرى الحقيقة » لحظة القياس . كما أنه يمكن تصور قياس موضع (أ) باستخدام القياس على (ب) . وقياس سرعة (أ) عليه مباشرة . فنكون قد حصلنا على القيتين المصنوعتين مما في نفس الوقت . ومن ثم فقد ذهب أينشتاين إلى أنه من حيث المبدأ يمكن معرفة الموضع والسرعة لجسيم في نفس الوقت . وقد بدا له أن عدم اليقين لن يتحقق إلا إذا تحقق بين الجسيمات « تأثير غامض على البعد » ينتقل بأسرع من سرعة الضوء . متحدىا النظرية النسبية .

ورغم أن بوهر قدم رده على هذا الجدل . فإن المسألة ظلت في طي التجربة الفهمية إلى الستينيات . لقد مد جون بل John Bell في مختبر المركز الأوروبي للأبحاث النووية CERN التجربة على زوج من الجسيمات إلى مدى من العمليات أوسع . مستنيطا القواعد التي يجب أن تخضع لها الجسيمات لكي تتفق مع منطق أينشتاين في تصوير الحقيقة . ووجه بل أن ذلك يقضي تحديداً رياضياً أطلق عليه « متباينة بل Bell inequality » ولأول مرة أصبح من الممكن أن نختبر هذه الأفكار معملياً . وأجريت التجارب للتحقق من صحة اللامساواة المذكورة . وبالكال انتصار رأي أينشتاين . أو عدم صحتها . ليكون هو الخاسر . وازدادت التجارب دقة على مر السنوات . حتى بلغت أوجها على يد ألين أسبيكت Allan Aspect من جامعة باريس عام ١٩٨٢ . والتي حسنت الموقف بخسارة أينشتاين الحركة . فما معنى ذلك ؟

إذا ما استبعدنا التأثير الأسرع من سرعة الضوء . فإن ذلك يعني أنه ما أن يؤثر جسيم في آخر . حتى يظل الاثنان مترابطين بصورة ما . فيشكلان واقعا نظاما لا يتفصم . ولخاصية « عدم العملية » هذه مضمين خطيرة . فلنا أن نتصور الكون شبكة مهولة من أجسام مترابطة . كل رابطة تجمع بين طرفيها في نظام كمي موحد . وعلى الرغم من أن الكون - من الوجهة العملية - من التقيد لفجرة عدم ملاصقة الترابط الخفي إلا في تجارب معينة كذلك التي أجراها أسبيكت . إلا أنه توجد نكهة كمية قوية في وصف الكون .

وقد اظنت تجربة سبكت على آمال آينشتاين في أن يكون وراء عدم اليقين الكمي قوى خفية تمارس نشاطها . فلابد أن تقبل وجود عدم تحديد كامل لا يتخلص منه في الطبيعة . فالإلكترون وغيره من الجسيمات الكمية ليست لها مواضع وسرعات محددة إلا إذا أجريت تجربة فعلية للقياس أي من تلك القيم . لفعلية القياس هي التي تجعل الهلالية تتحول إلى نتائج محددة قاطعة . إن هذا المزيج من عدم اليقين مع انهيار الدالة الموجية هو ما يؤدي لمعضلة القطة . ولكننا إلى الآن لم ننظر إلا لصورة مبسطة للغاية من اللغز . فما الذي يحدث حين نطبق ما تعلمناه منه على الكون في مجموعه ؟

إن مفسون خرافة القطة الحية والميتة تنتظر شخصاً ما يختلس النظر في الصندوق حتى يتحدد مصيرها - يبدو مستحيلاً . لأنه يفترض أن القطة نفسها تعلم إن كانت حية أم ميتة . ألا تمثل هذه المعرفة جزءاً من الملاحظة المؤدية لانهيار الدالة الموجية إلى حالة محددة من الحالتين ؟ ليس من المؤكد أن الملاحظات الكمية لا يشترط أن تكون محصورة على البشر حين ينظر إليها كمعدلة لمادة من حالات القطة ؟ وإذا كانت القطة صالحة للقيام بالمهمة ، لماذا عن القتل ؟ وعن البكتيريا ؟ لم نراه بإمكاننا أن نتخلى كلية عن عنصر الحياة ، ونترك المهمة لحاسوب ، أو كاميرا ؟

ولبنا يتعلق بالمسلم الخارجي للصندوق ، فإنه بإمكاننا النظر للمختبر بأكمله كمصندوق كبير . فإذا ما نظر المراقب داخل الصندوق وحده مصير القطة ، فإن زميلاً له بالهجرة المجاورة قد لا يعلم ذلك ، فهل الموجة الكمية للمختبر ككل تتلاشى لو أنه دخل من الباب وسأل عن حالة القطة ؟ من المؤكد أن هذا يؤدي بنا إلى تسلسل لا نهاية له . كل نظام كمي يمكن أن ينهار إلى حالة محددة حين يشاهده من نظام خارج عنه ، ولكن النظام الأكبر يظل في حالة اللاتحديد حتى يراقب من نظام أكبر ، وهكذا .

وقد اقترحت أفكار عديدة للخروج من هذا المأزق . وأحد هذه الأفكار المثيرة للجدل الشديد هو إدخال عنصر الوعي في الموضوع . باقتراض أن التسلسل يقف بمنعاً تدخل النتيجة مثلاً مفكراً . وبمثل هذا معتبراً شخصياً على العالم ، حيث أنه يجبرنا على تصور أن العالم الخارجي لا يوجد في صورة مصفدة حتى نراقبه . ويبدو ذلك وكأننا لا نراقب العالم الخارجي ، بل نصنعه .

وقد طغت تجربة سبكت على آمال آينشتاين في أن يكون وراء عدم اليقين الكمي قوى خفية تمارس نشاطها . فلابد أن تقبل وجود عدم تحديد كامل لا يتخلص منه في الطبيعة . فالإلكترون وغيره من الجسيمات الكمية ليست لها مواضع وسرعات محددة إلا إذا أجريت تجربة فعلية للقياس أي من تلك القيم . لفعلية القياس هي التي تجعل الهلالية تتحول إلى نتائج محددة قاطعة . إن هذا المزيج من عدم اليقين مع انهيار الدالة الموجية هو ما يؤدي لمعضلة القطة . ولكننا إلى الآن لم ننظر إلا لصورة مبسطة للغاية من اللغز . فما الذي يحدث حين نطبق ما تعلمناه منه على الكون في مجموعه ؟

إن مفسون خرافة القطة الحية والميتة تنتظر شخصاً ما يختلس النظر في الصندوق حتى يتحدد مصيرها - يبدو سخيفاً . لأنه يفترض أن القطة نفسها تعلم إن كانت حية أم ميتة . ألا تمثل هذه المعرفة جزءاً من الملاحظة المؤدية لانهيار الدالة الموجية إلى حالة محددة من الحالتين ؟ ليس من المؤكد أن الملاحظات الكمية لا يشترط أن تكون محصورة على البشر حين ينظر إليها كمعدلة لمادة من حالات القطة ؟ وإذا كانت القطة صالحة للقيام بالمهمة ، لماذا عن القتل ؟ وعن البكتيريا ؟ لم نراه بإمكاننا أن نتخلى كلية عن عنصر الحياة ، ونترك المهمة لحاسوب ، أو كاميرا ؟

ولبنا يتعلق بالمسلم الخارجي للصندوق ، فإنه بإمكاننا النظر للمختبر بأكمله كمصندوق كبير . فإذا ما نظر المراقب داخل الصندوق وحده مصير القطة ، فإن زميلاً له بالهجرة المجاورة قد لا يعلم ذلك ، فهل الموجة الكمية للمختبر ككل تتلاشى لو أنه دخل من الباب وسأل عن حالة القطة ؟ من المؤكد أن هذا يؤدي بنا إلى تسلسل لا نهاية له . كل نظام كمي يمكن أن ينهار إلى حالة محددة حين يشاهده من نظام خارج عنه ، ولكن النظام الأكبر يظل في حالة اللاتحديد حتى يراقب من نظام أكبر ، وهكذا .

وقد اقترحت أفكار عديدة للخروج من هذا المأزق . وأحد هذه الأفكار الكثيرة للجدل الشديد هو إدخال عنصر الوعي في الموضوع . باقتراض أن التسلسل يقف بمنعاً تدخل النتيجة مثلاً مفركاً . وبمثل هذا معتبراً شخصياً على العالم ، حيث أنه يجبرنا على تصور أن العالم الخارجي لا يوجد في صورة مصفدة حتى نراقبه . ويبدو ذلك وكأننا لا نراقب العالم الخارجي ، بل نصنعه .

والكثير من العلماء مفتتح بتجاهل هذا التسلسل اللانهائي ، على أساس أنه مهما كان كبير مختبرهم ، فما يزال هناك الكون بأسره كسالم خارجه يمكن أن يسبب انهيار محتويات المختبر إلى حيلة مؤقتة . ولكن الفلكيين ليس لديهم هذا الخيار ، فمختبرهم هو الكون ذاته ، وليس خارجه شيء يرأله .

المطابقة المتعددة

هذا هو المتطابق الذي يبدو أن تفسر العوامل المتعددة قد فرض نفسه علينا . وبلمة العلم الجاد ، في مقابل الخيال العلمي ، ترجع الفكرة إلى عام ١٩٥٧ . مع أعمال الأمريكي جورج افريرت *Haugh Everett* وقد ادخلت عليها التحسينات منذ ذلك الحين . وكما ذكرنا من قبل ، فإن فكرة الأكوان المتعددة قد ظهرت لكي تحل مشكلة اللطة بالفرض أن الكون منقسم إلى نسختين ، يتعايشان متوازيين . وليس من بأس إذن في تطبيق الميكانيكا الكمية على الكون بأسره ، طالما أننا مستعدون لتقبل فكرة الخيالية لحد ما ، بأن الكون ينقسم باستمرار إلى نسخ لا حصر لها لدرجة التشبه من بعضها البعض ، كل نسخة تقابل حالة من الحالات المحتملة للتفاعلات الكمية . وتلتزم نظرية افريرت نوعا من تعدد الطاق . يتعايش فيها عدد لا نهائي من الأكوان . ورغم ما فيها من غرابة ، فإن الصياغة الرياضية لها تتفق تماما مع الميكانيكا الكمية في صورتها التقليدية ، ويشتمل وجه البعثة فيها فقط في تفسير الكميات التي تظهر من المعادلة .

والحجة الواضحة ضد الفكرة أننا نتعاضد فقط وجها واحدا من الحقيقة . في كون واحد ، فابن الباقون . وحتى نهم الإجابة علينا أن نأخذ صورة أرحب لمفهوم الزمكان الذي عرضنا له في ثانيا هذا الكتاب . حين ينقسم الكون إلى عدة نسخ ، فإن كل نسخة لا تتجوز فقط على نسخ من الأشياء المادية ، بل على مكان وزمن أيضا . بمعنى أن كل كون « جديد » يتولد معه فضاءه وزمنه . والمواضع الأخرى ليست « هناك » بالمعنى الدارج ، فليس بالإمكان الوصول إليها من عالمنا ، بل هي زمكانات قائمة في حد ذاتها . ونحن حين نسأل عن مكان شيء ، نفترض عادة أنه على بعد وفي اتجاه ما هنا . ولكن عوالم افريرت ليست في كوننا بالمرّة . فهي ليست على بعد معين أو في اتجاه معين بالنسبة لنا .

وقد يكون من الصعب أن نصور ذلك . ولكن الواقع هو أن علم قدرتنا على التصور لمدة زمكانات لا يلقي احتمال وجودها من الوجهة المنطقية . فما زال بإمكاننا أن نصلها رياضيا . على أن قدرنا من التحيل

مفيد • واحد الاحتمالات هو تمثيل هذه العوالم كمنصة فوق بعضها كصفحات في كتاب ، وفي هذا التجميع التناهي الإيجاد تمثل كل صفحة كوناً متكاملاً ، أي زمكاناً واحدة • ويختلف شكل كل كون قليلاً طبقاً للخيارات الكمية المتاحة له • ويتحركنا من صفحة لأخرى ، مبتدئين من الصفحة التي اخترناها مرجحاً لنا ، نتراكم الفوارق •

وأحياناً تصور الأكوان المتعددة كإفرع الشجر • ، الجذع • يمثل كوناً معيناً ، هو الذي نشير إليه كنقطة مرجعية لنا ، والذي يتفرع ثم يتفرع في احتمالاته الكمية المختلفة • ولنا أن تصور شريحة أفقية عبر كل هذه الأفرع عند لحظة معينة • تتقاطع خلال الجبع بأكمله من أكوان ست جميعاً من الكون الأصلي • وبوجه عام ، فالجذع ذاته هو فرع من شجرة أكثر تقدماً ، تستند للانتهائية •

وسنسمع الناس لأول مرة عن النظرية اعترضوا بأنهم لا يشاهدون مثل هذا الانقسام • ولكن الخصيصة الأساسية في النظرية أن المشاهدين البشريين ليسوا استثناء من عملية الانقسام ، فهي تتم بالنسبة لهم أيضاً ، ففي مثال القطة التي ينقسم الكون فيها إلى كونين ، يكون ذلك بكل شيء بما فيه المختبر والمراقبون • وفي كل نسخة ينظر المراقب ليرى مصير القطة ، ليراهما أحدهما حية ويراهما الآخر ميتة • وكل مراقب يقع في النطاق الشائع وهو أن الحقيقة تكمن فيما يراه هو •

إلا أن هناك تعديلاً آخر لفكرة الأكوان المتعددة ، تمثل في استبعاد الانقسام • وتصور وجود نفس العدد دائماً (في الواقع عدد لانهائي) من الحقائق المتوازية ، ولكن في كل لحظة يكون عدد من النسخ متطابقة بالضبط • ففي مثال القطة ، لنا أن تمثيل كونين موجودين قبل التجربة ، ولكن غير متمايزين بالمرّة • وفي لحظة إجراء التجربة يتمايز الكونان بوجود القطة حية في أحدهما وميتة في الآخر •

ومن الطبيعي أن يثور التساؤل حول إمكانية السفر عبر تلك الأكوان ، أو على الأقل الاتصال بها • والإجابة هي أنه بالنسبة للمجرب العادي للأمور فإن هذا غير ممكن • فليس لنا للأسف أن نلجأ لفكرة الحقائق المتوازية لتفسير وجود الأشباح أو الكائنات غير البشرية أو الأجسام الفضائية الغامضة • فنظرية الريمت مؤسّسة على أن الأفرع المختلفة لكون ما (أو أكوان) هي صور تبادلية للحقيقة ، متصلة فيزيالياً •

وهذا هام لكي نحل مفارقات القياسات الكمية . وتحاشي الشعور بالانقسام .

ولكن ، كما وضعنا في أمثلتنا لقرنتين مرتا ، فإن القياس كما نلفظه عادة هو ما يحدث حين نسي تنفرا على المستوى المرئي . كنبضة لعداد جييجر أو حركة في مؤشر (أو حالة صحية لقطعة) . وتسجل أدمغتنا هذه الحوادث بدرجة دقيقة لكون الأجهزة وعقولنا كيبلونات مرئية ، تتعامل التنبؤات على المستوى الكمي . ومن الممكن مع ذلك تصور كائن واع تعمل حواسه وذاكرته على المستوى الكمي . وفي الواقع ، فإن علماء الحاسوب يصلون جادين على إنتاج أجهزة على المستوى الجزيئي إمعانا في تصغيرها أكثر من المتاح في الأجيال الحالية . وقد اقترح الفيزيائي البريطاني دافيد دويتش David Deutsch تجربة مؤسسة على هذا التصور ، والتي فيها يبدو من الممكن إجراء اتصال فح بين العوالم المتوازية .

وفي تجربة دويتش ، يطلب من عقل كمي (سواء أكان طبيعيا أم صناعيا) أن يجري تجربة كم تقليدية ذات خيارين . مثلا ، أن يرابط انحراف الكترون إلى اليسار وإلى اليمين من عطف معين . وطبقا لنظرية العوالم المتوازية ، فإن هناك كونا للالكترونات المتجه لليسار .

والآن ، فعند رقب الكونين ينقسمان أو يتمايزان ، فإنا نأمل ذلك بصورة غير قابلة للانكاس . فمن لا نستطيع ، على المستوى المرئي ، أن نتصور التطورات التي فيها يعود الكونان للانماج ، أو يصبحان متشاكلين مرة أخرى . فمن الواضح أن حادثة كموت القطعة هي غير معكسة . أما على المستوى الذري فمن المتصور أن تكون الحوادث انعكاسية تماما . فمن السهل تصميم تجربة على المستوى الذري يتعرض جسيم فيها لتجربة ذات خيارين ، ولكن الحالة تعود من حيث المبدأ للوضع الابتدائي .

وباختصار ، فإنه على المستوى الذري يمكن للعوالم أن تنقسم وتندمج من طريق التحكم المناسب . هذه الحالات التوسعية لا يمكن لنا أن نراها مما ، لأنه بمجرد أن نحاول مشاهدتها لنخل عليها تأثيرا مرئيا . لا انكاسيا يؤدي لانقسام العوالم نهائيا . أما العقل الكمي الذي تصوره دويتش فيمكنه مشاهدة الأشياء دون أن يسبب هذا الانقسام الدائم . فهو يمكن أن يسجل الحقيقة التوسعية ، بدون أن يحول دون عودة انماجها بعد انقسامها المؤقت . وفي مرحلة الانقسام ، يمكن للعقل أن ينقسم إلى

نستعين ، تنمجان بعد التجربة . وتحمل كل نسخة ذاكرة مختلفة عن تصرف الإلكترون قيد المساعدة . فالعمل المنهج مجهز بذاكرتين ، ويمكنه أن يخبرنا عن الحوادث كيف كانت في كلا العالمين المحتملين . وبهذه الطريقة البسيطة ، يمكننا بالفعل الحصول على معلومات حول أكثر من وجه للحقيقة .

وتتمتع تجربة دويتش على ذكاء على المستوى الكمي ، وعلى الرغم من أن هذه الأفكار قد أخذت بجدية من بعض خبراء الذكاء الاصطناعي ، فما هو مثير عليه أنه سيستغرق وقت طويل قبل تحقيق شيء من هذا القبيل . وأثناء ذلك ، من المثير أن نسال عن أية شواهد غير مباشرة لوجود الحقيقة المتضمنة

المصادقات الكولبية

على مدى السنوات الماضية ، كان الفيزيائيون والكولبيون في تأخر بالغ لطبيعة أن الكون الذي نعيشه مبني على مجموعة من الصفات السميكة . ويكفي ذكر عدد منها على بيان الفكرة .

واحد أهم هذه الصفات هو استقرار النواة . تذكر حديثنا عن اشعاع ألفا ، والذي بدأنا به حديثنا عن عجائب الكم . فكمونات النواة مترابطة ، كما قلنا ، بواسطة قوة نووية شديدة . فاستقرار النواة مبني على التوازن بين القوة الشديدة ، وقوة الاشعاع الكهرومغناطيسي ، وتأثير النطق الكمي . والعدد المتاح من هياكل النواة التي يمكنها أن تستقر تحت هذا التوازن قليل للغاية .

ويضرب لنا فرمان دايسون Freeman Dyson مثلا محمدا ، فلو أنه القوة الشديدة كانت أقوى بنسبة بسيطة ، لفسدت كل بروتونين في رابطة مستقرة ، بما يقاوم التناظر الكهربائي بينهما ، دون حاجة لمساعدة من نيوترون أو أكثر . ولو تم ذلك فإن أحد البروتونين كان سيتحلل إلى ليوترون ، متفككا ديوترون ، وهي نواة الديوتيريوم . وهو وقود نووي لصال ، كان من شأنه أن يحرم الكون منذ عهد الانبعاث العظيم من تكون البروتونات الحرة ، ومن ثم ذرة الهيدروجين التي تعتبر حجر البناء الأول للكون كله . ولما تكون الكون وكانت الحياة على الصورة التي نعيشها الآن .

وبنفس الدرجة الدرامية ، نجد نفس التفاعلات لو أن القوة النووية كانت أقل بنسبة ضئيلة بالنسبة للقوة التآثر الكهربي ، حيث لم تكن الفوتونات لتتكون ، ونفس هذا التوازن الدقيق متحقق بين بقية قوى الطبيعة .

فقد بين الكوني براندمون كارتر **Brandon Carter** كيف أن تكون النجوم يعتمد على توازن دقيق بين الجاذبية وقوة الكهرومغناطيسية . فشمسنا نجم أصغر ذو حجم متوسط ، تتوقف الحياة على الأرض على طبيعته الأساسية . ولو أن تلك القوى كانت في تناسب مخالف قليلا لما حي عليه ، لما تكونت نجوم مثله ، بل لكانت لما عسالة زرقاء أو اقزاما بيضاء ، بحسب في أي جانب حال التوازن .

هذه الصنف الظاهرية ، وربما المزيد على شاكلتها ، قد ألهمت بعض العلماء أن هيكل الكون الذي نشأ منه حساس بدرجة متيرة للمهشة لأدنى تغير في القيم الأساسية للطبيعة ، كما لو كان هذا التنظيم المنظم للكون نتيجة ضبط دقيق . أما ظهور الحياة على وجه الخصوص ، وما تلاها من مخلوقات عاقلة ، فهو نتاج ضبط غاية في الدقة ، لحساسيتها البالغة للظروف التي أوجدتها .

وتبدو للبعض هذه الصنف الانشائية في العالم الفيزيقي ، وكأنها تأزوت هذا للسماح للإنسان المائل بالوجود ومراقبة الكون ، تأكيداً للايمان بوجود خالق مبدع . أما البعض الآخر ، فيلجئون لفرضية تعدد الأكوان كتفسير لوجود هذه الصنف الفلكية . فإذا ما وجد حقيقة مصغرة لا نهائية من الأكوان ، كل كون يخلق اختلافا طفيفا لاحتلالات الكية ، فالباب مفتوح الآن لأية صورة لكون مهما كانت درجة تميزه أو حساسية تشكيله . وعلى ذلك فليس مستغرباً أن يكون الكون الذي نعيشه على هذه الصورة من التوازنات المعقدة ، حيث انه فقط في مثل هذا الكون (أو الأكوان) والذي تنبأ فيه الظروف المثالية لوجود الحياة العاقلة سيوجد مراقبون يتفكرون فيما يحدث .

ولذا صحح هذا الرأي ، فإن البقية الغالبة من الأكوان تكون غير مأهولة ، وتضفي بلا مراقبة . فقط عدد متناه في الصغر - عدة صلبعات من سطر الأكوان الضخم - ستتبقى فيه كل هذه المصادفات ، ومن ثم لعدد متناه في الصغر من كل هذه الأكوان قد تم الإدراك به .

مثل هذا المنطق ، والذي يسوف بالمبدأ الأنثروبولوجي *anthropic principle* ، قد عرضنا له باختصار في الفصل الثاني . في معرض حديثنا عن قوانين الفيزياء بوجه عام ، وهو قد يقدم دليلا عرضيا على وجود الأكوان المتعددة ، ولكن الكثير من العلماء يميلون لافتراض وجود الخلق الأعظم . والى أن نستمكن من بناء الطل الكمي الخالق ، فإن الصف الفلكية تعطى أفضل دليل على تصور الأكوان المتعددة .

والمزيد من الجدل حول الموضوع أمر غير مجد ، الى أن يتحقق الذكاء الكمي . وفي الأثناء ، ومنصحين بفهم أصق للسليبات (والفرايب) الكمية ، يمكننا أن نسير لأفوار أصاق أسرار الفضاء والزمن كما يعرضها العلم الحديث .

هوامش الفصل السابع

(١) أنهم الا انه ظهرت درجة الحرارة حلا .

(٢) حاز كل من هالينسون وفوسون على جائزة نوبل عام ١٩٦٧ لأجراء عمله للتجربة التي أجريت تميزت بحدود في الموجات الكمية . وأعمالها تشير تجارب للفيزيائيين على الإطلاق - (التردد) .

الفصل الثامن

الشبكة الكونية

الأسطورة المادية مبنية على خرافة أن الكون الطبيعي ليس مكونا
لا من اجسام من مادة خاملة تتدافع وتتصادم كمثل الآلات الميكانيكية
منضبطة التصميم . وقد رأينا كيف أن الفيزياء الحديثة ، وبأكثر من
طريقة ، قد وضعت حدا لهذا التصور . وقد سمحت الميكانيكا الكمية على
وجه الخصوص البساط من تحت أى تصور ميكانيكى بسيط . وقد
وجدنا كيف أن اللاعنوية الكمية تمنع أى تصور للاستقلالية بين الكينونات،
حتى بين الجسيمات المتباعدة تباعدا كبيرا . وحتى تمتد ميكانيكا الكم
لتشمل مفهوم المجال ، وهو فرع من العلم يسمى النظرية المجالية الكمية
quantum field theory ، فهي تقدم لنا عالما من الأعاجيب ذا نشاط
مهل ، كالجسيمات التقديرية وتلجج الفراغ ، فعنى تماسك المادة
الطبيعية قد تبع الى صورة من تهبج أنماط غير متجسدة للطاقة .

وتخلق النظرية المجالية الكمية صورة لكون تغطيه شبكة من
التفاعلات المتبادلة تنسجه في كل متكامل . وكما قلنا ، فقد تعرف
العلماء على أربع قوى أساسية فى الطبيعة : الكهرومغناطيسية والجاذبية
والنوية الشديدة والنوية الضعيفة . ثلاث من تلك القوى يكن وصفها
بدقة بلفة نظرية المجالات الكمية . كجزء من الشبكة الكونية . ولكن
الجاذبية قاومت بعتاد أن تنصهر فى هذه البولفة . ويعتبر هذا قصورا
شديدا فى وصفنا للطبيعة . وكما رأينا ، فالتمسية العامة تربط الجاذبية

يرباط وثيق بينه وبين الزمكان ، ويوصفها هذا تمثل أساسا من أحد
أساسين رئيسين للعلم الحديث . وتمثل النظرية الكمية الأساس الثاني.
ولكن الحقيقة الحالية هي ان التزاوج بين النظريتين لا يزال أمرا غير
متحقق .

وليس من السهل التجاوز عن هذه الصعوبة ، لأن تناسق النظرية
الكمية يتطلب أن تكون الطبيعة بأكملها خاضعة لقواعد الكم . وإذا لم
يتحقق ذلك ، فإنه يكون من المتصور إجراء تجربة في نطاق الجاذبية ،
تفرق مبدأ عدم اليقين مثلا . ولقد تزايدت الأعمال الفيزيائية مؤخرًا لفكرة
أنه عندما تأخذ الجاذبية وجهًا جديدًا تمامًا ، فلن يصبح من الممكن فقط أن
تغطي وصفًا كميًا مناسبًا ، بل سوف يتحقق توحيد قوى الطبيعة الأربع
في قوة فائقة موحدة . بما يؤدي لتتعلق شبكة كونية حقيقية متداخلة .

فوتونات الضوء ، نظرية الحقل

لإلقاء الضوء على الصعوبات التي تواجه وضع نظرية كمية للجاذبية.
سيساعدنا أن نراجع الحالة الأبسط ، حالة الكهرومغناطيسية . أول
النماذج لنظرية كمية مجالية ، فالجسيم المشحون ، كالألكترون مثلا ،
وهو أصل المجال الكهرومغناطيسي . يمكن النظر إليه كجسيم متمركز ،
محاط بمجال غير مرئي من الطاقة الكهرومغناطيسية ، على شكل حالة
متفشرة حوله في الفضاء . ونحن يقترب الكترون آخر من الأول ، فإنه
يمس بهذا المجال ، ويتعرض لقوة طاردة . فكان الإلكترون الأول قد
أرسل رسالة تطير للثاني : « أنا هنا ، فانصرف لشأنك » .

وتنتقل الرسالة خلال المجال على شكل اضطراب . يدرس تأثير
ميكانيكيا على كل من مرسل الرسالة (الفعل) . والمرسل إليه (رد الفعل) -
وبهذه الطريقة تتفاعل الجسيمات المشحونة كهربيا على بعضها البعض
عبر الفضاء الخاوي . وطبعًا ، في التصوير الكلاسيكي للعملية ، فإن
الرسالة المنتقلة بين الفعل ورد الفعل تحمل عن طريق اضطرابات في
المجال الكهرومغناطيسي ، ألا وهي الموجات الكهرومغناطيسية .

وتحتفظ النظرية الكمية بالفكرة الأساسية للمجال ، ولكن التفاصيل
تغير تغيرًا جذريًا . فالاضطرابات الكهرومغناطيسية ، كما رأينا ، لا ثبت
ولا تمتص إلا في وحدات أولية من الكم ، وهي الفوتونات ، وعلى ذلك
نعلمنا أن تصور اضطرابات المجال الكهرومغناطيسية التي تنقل التفاعل
على أنها تبادل للفوتونات .

هذه الفوتونات في الواقع هي انسي تنقل الرساى بين الجسميات المشحونة ، وبدلا من تصور المجال الخاص بكل إلكترون على أنه يشوش باستمرار على مسار الإلكترونات الأخرى ، فاننا نتصور ان الإلكترون الأول يرسل فوتونا يستعصه الثاني (الشكل ٢٧) ، ويمكن تصوير ذلك كارتداد قذيفة ، يرند لها الأول للخلف ، وينحرف لها الثاني نتيجة التصادم بها ، ويتم الاضطراب بصورة فجائية ، فالمشاهد سوف يرى النتيجة النهائية ، على صورة تشتت للإلكترونين أحدهما عن الآخر ، ونستنتج أن الشحنات الكهربائية تسبب التناثر .

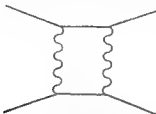
على الرغم من كون الصياغة الرياضية لهذه العملية التشتتية تتضمن تغيرات فجائية ، فهي لا يمكن أن تستخلص من تجربة ، ولا يمكن مشاهدة مرور الفوتون مباشرة ، ويرجع ذلك لحالة الإبهام الأصلية التي تتميز بها النظم تحت الذرية ، كما تقتضيها النظرية الكمية ، والتي تمثل في مبدأ عدم اليقين . فالإلكترونات لا يمكن أن تتخذ مسارات محددة في الفضاء ، حتى التسلسل الزمني الذي يتم به بت وامتصاص الفوتون غير دقيق . فالفوتونات الوسيطة تكتسب صورة شبيهة ذات مرور هابر ، ولتمييزها عن الأنواع دائمة الوجود التي ألفناها أسميت بالتقديرية . وقد عرضنا للجسيمات التقديرية عامة في الفصل الخامس ، حيث نالقنا أثرها على طبيعة الفراغ ، وهي تلعب دورا في العالم الكمي .



(الشكل ٢٧) : تفاعل الإلكترونات فيما بينها بتبادل الفوتونات الكهربائية ، فيعمل للفوتون (الخط المموج) كوسيط ينقل القوة بين الإلكترونين ، وتكون النتيجة هي تشتتهما عن بعضهما البعض . (يسمى هذا التصور « مخططات فاينمان ») .

ورغم أننا وصفنا عملية تشتت الإلكترونات من مفهوم تبادل فوتون وحيد بين جسيمين مشحونين ، فهناك إمكانية تبادل فوتونين ، أو أكثر

(الشكل ٣٨) • وقد تبين أن تبادل فوتونين له أثر أضعف على العملية الفيزيائية بأكملها ، وتبادل ثلاثة أشد ضعفا وهكذا •



(الشكل ٣٨) : هذه إمكانية أن يفاصل الفوتونان بتبادل الفوتون • مما يترتب عليه تصعيبات في حسابات التشتت للألكترونات •

ورغم أن تبادل الفوتونات على المستوى الفردي لا يمكن ملاحظته نفسيا ، فإن المعالجة الرياضية لهذه الأفكار تطبقنا توقعات صريحة يمكن ملاحظتها ، كمتوسط قياس زاوية التشتت حينما يتصادم شعاعان من الإلكترونات • وفي هذا الخصوص كان وصف القوة الكهرومغناطيسية على أساس تبادل الفوتونات نجاحا منقطع النظير • وقد أجريت الدراسة التفصيلية لهذا الموضوع في أواخر الأربعينيات • وسميت الكهروديناميكية الكمية (Quantum electrodynamics (QED) (١) • وتسمح لنا النظرية بتقدير تأثيرات دقيقة وخطية فعلا ، مثل التزحزح الخفيف في مستويات الطاقة للألكترونات الذي يتسبب عن وجود الفوتونات الوسيطة • وفي بعض هذه التأثيرات ، يجب الأخذ في الاعتبار تبادل أكثر من فوتون • وقد أجريت تجارب معقدة أكدت هذه التأثيرات بدقة مدعشة ، وقد وصلت الدقة إلى واحد في عشرة الألافين ، وتوافقت تماما مع النظرية • هذا النجاح للعمل حول نظرية المجالات الكمية لأن توصف بأنها من أجمع نظريات العلم •

شبكة من الوسيطة

إن ما ننته فراغا ساكنا هو في الواقع خضم مزدحم بالوسطاء من الجسيمات التقديرية -تناقل بلا كتل - ودرجة نشاط هذا التزامم تعتمد

على القوة محل الاعتبار . فالقوى القوية تكون مصدرا لنشاط محصور . أما التواحدة فان النشاط المتولد عنها أقل . ولو لم تكن هذه الشبكة من التبادل بين الوسطاء ، لما أحس جسم من المادة بالآخر ، ولا تم أي تفاعل على الإطلاق . فلولاها لانطلق كل جسم جاذبي على رسله في الفضاء ، في مسار لا يعرف الحيدود ، منعزلا في الكون بلا حلف أو غرض . لم يكن للأشياء المركبة أن توجد ، حيث لم تكن لتوجد قوى تربط بينها .

وقد تمت الفكرة وراء النظرية المجالية الكمية . تبادل الجسيمات الوسيطة ، ينتج عن الوصف الكمي للقوتين النووية القوية والضعيفة . لكن منها له مجاله الخاص له ، والذي يمكن وصفه عن طريق جسيمات وسيطة مشابهة للفوتون . فالجسيمات الوسيطة للقوة النووية الضعيفة رغم توقعها نظريا من فترة طويلة لم يتم اكتشافها حتى ١٩٨٣ ، ورمز لها بالحرفين W, Z . ولكن الأمر مع القوة الشديدة فمفهومه نسبيا . فـجسيمات القوة من بروتون ونيوترون قد علم الآن أنها جسيمات مركبة . كل منها من ثلاثة جسيمات تسمى كواركات $quarks$ والكواركات مترابطة بقوة لا يتوصل اليها الا بشائية جسيمات وسيطة هل الأقل ، أطلق عليها اسم جلوونات $gluon$. والقوة التي تتربط بها البروتونات والنيوترونات داخل النواة هي صورة مخففة من القوة التي تتربط بها الكواركات .

وكان الوصف المتماثل للقوى الثلاث عن طريق تبادل الجسيمات الوسيطة مشجعا على التفكير في النظر اليها نظرة توحيدية . وقد اهتم العلماء الآن بأن القوتين الكهرومغناطيسية والنووية الضعيفة هما وجهان لقوة واحدة هي « القوة الكهروضعيفة » $electroweak\ force$ (٢) . ومتابسة لهذا النجاح ، بدأ توحيد القوة النووية الشديدة مع القوة الكهروضعيفة ، أو « القوة الموحدة المظلمة » $grand\ unified\ force$ أمرا قريبا الاحتمال . ورغم أن أدلة دامغة على وجود هذه القوة لم تظهر بعد ، فإن نظريات عديدة قد ظهرت لتعبر هذه القوى الثلاث في بوتقة واحدة .

وبذلك تترك الجاذبية منعزلة . فلفظها لهذا الغرض ، والوصول الى توحيد تام للقوى في قوة فائقة ، يجب أن تصاغ الجاذبية صياغة كمية . وكما ذكرنا من قبل ، فالنظرية الكمية ظهرت حين اكتشف أن الموجات الكهرومغناطيسية تنطلق على هيئة كمات محددة ، وهي الفوتونات ، ومن ثم فمن المتصور أن تكون موجات الجاذبية هل نفس الشاكلة ، وقد سميت كماتها « جرافيتونات » $gravitons$. ولم تزال هذه الجسيمات الافتراضية تماما ، بل في الواقع ليس من المحتمل أن يرى أثرها في القريب المآجل بصورة مباشرة ، ويجب على ذلك الاعتماد على النظريات لتبيان

خصائصها - وكما ذكرنا في الفصل السادس ، موجات الجاذبية تنتقل بسرعة الضوء ، ولذا فمن المنطقي أن نتصور الجرافيتون ، كال فوتون ، منتظما بسرعة الضوء - ولكن إلى هنا وينقطع التشابه - ويمكن الفرق الجوهرى في ضعف تفاعل الجرافيتون بالمادة - فشعاع منها له نفس الطاقة قوة والطول الموجي لشعاع من الليزر (والذي هو عبارة من الضوء ، أى شعاع من الفوتونات) يخترق الأرض بأكملها دون أن يعاني اضطرابا يذكر - والفرق الثانى هو أنه رغم أن تفاعل الجرافيتون مع المادة على هذه الدرجة من الوهن ، إلا أن تفاعلها مع بعضها البعض قوى جدا - أما الفوتونات ، وهى التى تتفاعل بقوة مع الأجسام المشحونة ، فتفاعلها المتبادل ضعيف - فالأشعة من الفوتونات تمر عبر بعضها البعض دون تغير ، بينما تشتتت الجرافيتونات بعيدا عن أمثالها - وكتمثيل تصويرى، يمكن تخيل الفوتونات عمياء بالنسبة لغيرها من جنسها ، بينما الجرافيتونات لمصرة لغيرها ، بما فيها الجرافيتونات الأخرى .

هذه الخصيصة من التفاعل المتبادل هى ممكن الصعوبة البالغة فى وضع صياغة كمية للجاذبية - فمثلا ، من الممكن أن يتبادل جرافيتونان ثالثا ، حتى وهما فى تبادل مع جسيمات المادة - ومن الواضح ما يحره هذا التبادل المتعدد من تعقيد رهيب ، أخذنا فى الاعتبار مبدأ عدم اليقين الكمي .

لنعم اليقين الكمي يسمح لجسيم بسيط بالوجود اللحظى - وفى ميكانيكا الكم يأخذ عدم اليقين صياغة منضبطة ، لطاقة الجسيمات اللحظية الوجود تتناسب مع زمن بقائها ، بمعنى أن الجسيمات الأعلى طاقة هى الأقصر عمرا وعلى الدوام فحاصل ضرب القدرين أقل من الحد الذى وضعت النظرية .

وبسبب هذا التلايق ، يمكننا تصور الإلكترون كجسيم تحوم حول صحابة من الفوتونات التقديرية مثل النحل حول خليتها - وكل فوتون ما أن يمتص حتى يستمر مرة أخرى - والفوتونات الأقرب للإلكترون تكون ذات طاقة أعلى ، حيث أنها لن تبعد كثيرا عن مقرها - تخيل إذن الإلكترون مضجورا فى هذا الحشد من طاقات الكم سريعة الزوال ، عالية بالقرب منه ، ومتشائلة كلما ابتعدنا عنه - هذا الحظم المتناقص من الفوتونات الفائرة النشاط هى بالضبط المجال الكهربى للإلكترون ، مصانعا بنية الكم - فإذا ما دخل إلكترون آخر المسمة ، وامتنع أحد فوتونات الكثرين مجاور ، حدث التبادل وتولدت القوة بينهما على الوجه الذى ذكرناه آنفا .

أما إذا لم يوجد الكترون أو جسيم مشحون آخر ، فإن الفوتونات لا توجد لها مالا سوى موطئها الأصل ، ومن ثم يتفاعل الالكترون مع نفسه خلال مساحته الذاتية من الفوتونات (الشكل ٣٩) .



الشكل (٣٩) : يمكن لالكترون مفرد أن يخلق ويخلق فوتونات كثيرة ، وهذه العملية تتركب عليها مفردة في حالة ، ومن ثم حالة ، الالكترون ، وتغير الخصائص البصرية التي أن تصبح الحالة للجهة لذلك لا نهائية .

ويمكن حساب نشاط الفوتونات المحيطة بالالكترون ، والإجابة ، مهما كانت الخاطئنا لنا ، لا نهائية ، والسبب في هذه النتيجة المجانية للمنطق ظاهريا ، مفهومة في الواقع تماما ، فليس هناك حد نظري لدى ما ترحله الفوتونات ، على صغر رحلتها ، وبالتالي لا حد لما يمكن أن تبلغه من طاقات .

الاحتكاك باللامتناهي

يبدو من الوهلة الأولى أن النظرية برمتها غير معقولة ، ولكن الأمر ليس كذلك ، فبسبب أننا لا يمكننا أن نفصل الالكترون عما يصاحبها من فوتونات (لا يمكننا إطفاء الشحنات الكهربائية) ، فإنه ما من طريقة لنزل هذه الطاقة اللانهائية ثرائيتها ، فما نراه حقا في المختبر ،

وما « نراه » الجسيمات الأخرى في الكون . هو الطاقة المشتركة من الإلكترون ولصيفاته من الفوتونات ، وهذه أساسا محدودة . أما الطاقة اللانهائية «ذاتية للاحترون» . رغم انها خصيصه مزيج في النظرية ، فيمكن ببراعة التخلص منها بقسمة الطرفين على مقدار لا نهائي . ورغم أننا قد حذرنا خلال المرحلة الدراسية من انفسه على اللانهائية ، إلا انها إذا أجريت بحذر وتكن رياضي فانها يمكن أن تؤدي لنتائج منطقية . ولاعطاء هذه الخطوة المشكوك فيها شكلا أكثر احتراما ، فقد أعطيت اسما طيب الجرس : « إعادة الإنساق » أو إعادة الاستنظام *renormalization*

وعودة الى موضوع الجاذبية الكمية ، فالمسألة متشابكة ، ولكنها أسوأ . فاللانهائية تظهر مع كل عملية مجالية كمية تتضمن حلقة مغلقة . ولأن الجرافيتونات يمكنها أن تتفاعل مع بعضها البعض ، فإن الحلقات المغلقة ذات صفة أكثر شمولية ، حلقات متداخلة في حلقات مثل عجلات داخل عجلات . علينا أن نفترض أن كل جسيم يحاط بعدد لا نهائي من الحلقات المقعدة . وكل مستوى من الحلقات يضيف لانهاية جديدة لنحسابات ، بحيث انه كلما توغلنا في الحساب تراكمت اللانهائيات بلا نهاية .

في الكهروديناميكية الكمية . كانت الحيلة الأساسية هي قسمة طرفي المعادلة على ما لا نهاية . ونجحت الخطوة لكونها يجب أن تجري مرة واحدة . أما في الجاذبية الكمية ، على النقيض ، فيجب أن تجري العملية ما لا نهاية من المرات . والمفزي الممل من ذلك أن كل عملية حساب تقريبا تجري باستخدام نظرية الجاذبية الكمية بهذه الطريقة تؤدي الى عدد لا نهائي من الإجابات . والنظرية بذلك ليست لها قوة تنبئية ، حيث لا يتمكن المرء من الحصول على قيمة ذات معنى محدد من بين هذه النتائج .

ومشكلة اللانهائيات معروفة منذ عقود من الزمان ، ومع ذلك فقد بدت اشارات منذ وقت قصير الى إمكانية مواجهتها . وكانت الإشارة الأولى مستقاة ليس من معالجة الجاذبية . بل من معالجة القوة الواحسة . فنظرية هذه القوة ظلت لسنوات مبتلاة باللانهائيات ، وتوقفت قيمتها عند حد أكثر التفاعلات بساطة . حتى اكتشف ستييفن فاينبرج Steven Weinberg وعبد السلام . كل على انفراد ، طريقة لعلاج المشكلة ، وكان الأسلوب المتبع يعتمد على مفهوم « النماظر *symmetry* »

وقد لعب التناظر دوراً هاماً منذ وقت طويل ، فكمثال ما يكون مرشحاً في الطرق الوعرة - فليسبب لم يفهم بعد (ولكن قد تكون له علاقة بالمصادفات الكونية ، والتي جعلت كوننا مهياً لاستضافة الحياة) . تتوافق الطبيعة لتبدأ ، التي تسمح بحرية الاستخدام بصور متعددة من التناظر - فعلى سبيل المثال - فانه في حالة أكثر العمليات أساسية ، لن تتغير القوانين الحاكمة للتفاعلات بين الجسيمات في « كون معكوس » ، يتبدل فيه اليمين لليسار أو العكس (أي متناظر للثني ، وعبوره في المرأة) - كما أن هذه القوانين لن تتغير اذا ما تبدل الماضي للمستقبل والعكس بالعكس - وهناك استثناءات لهذه القواعد (أحد الاستثناءات يسمح بتكون بزيادة المادة على المادة المضادة أثناء الانفجار العظيم بنسبة جسيم لكل بليون جسيم) ، ولكن بالنسبة للأمم الغالب في الحالات ، لقوانين الفيزياء متناظرة بالنسبة للانعكاس المكاني والزمني .

والغلب صور التناظر المهمة بالنسبة للفيزيائيين لها طبيعة أكثر تجريدية ، ليست متعلقة فقط بالمكان والزمان - وليس صمماً تخيل صور من التناظر التجريدي ، فغالباً مثلاً التناظر بين الرجل والمرأة - وبين الشحنات الموجبة والسالبة ، والتطابق الشمالي والجنوبي للمغناطيس - فهناك تناظرات تجريدية تقدم روابط بسيطة بين كيانات تبدو مختلفة الطبيعة - وينطبق هذه التناظرات التجريدية على جسيمات العالم دون الذري - أمكن التعرف على أساط لها لم تكن واضحة للوحة الأولى .

والمثال المبسط لذلك هو البروتون والنيوترون ، البنية الأساسية لنواة الذرة - فهما من النظرة السطحية ، جسيمان متمايزان - البروتون جسيم مشحون ، والنيوترون متعادل ، وأقل قليلاً - على أنه في العديد من العمليات النووية يصرف الجسيمات تصرفاً متماثلاً ، بحيث يمكن النظر للشحنة التي تميز أحدهما عن الآخر على أنها بطاقة هوية لا أكثر ولا أقل ، وليست خصيصة فيزيائية تميزه عن الآخر ، ومن هذا المنطلق يمكن النظر لكلا الجسيمين كحالتين لجسيم أساسي ، كما أن الرجل والمرأة حالتان لجنس واحد - وبالتالي فهما في هذا الاتجاه - جمعت الأنواع المختلفة من الجسيمات دون الذرية في أسر - كل أسرة تمثل جسيماً أساسياً ذا عدة صور .

وباستغلال بعض من التناظرات التجريدية في هيكل القوة الضعيفة ، أمكن لفارنبرج وعبد السلام توحيداً مع القوة الكهرومغناطيسية (والتي لها هيكل تناظري مقارب) وحل مشكلة اللانهايات فيها تماماً ، وقد أظهر

هذا الفتح المبين أن مفتاح حل مشاكل اللاتمايزات في نظرية المجالات الكمية يكمن في وضع أكبر كمية ممكنة من التناظرات ، ثم البحث في توحيد المجالات الكمية التي تمثل لذلك .

وفي محاولة واحدة لحل مشاكل النهايات في الجاذبية الكمية ، انهمك الفيزيائيون في السبعينيات في وضع برنامج لاستغلال أقوى تناظر تم اكتشافه في الطبيعة ، يعرف (ولا غرابة في ذلك) بالتناظر الفائق supersymmetry . هذا التناظر يمكن في فكرة « اللف Spin » . فجميع الجسيمات الأساسية في الطبيعة لها خاصية كم معينة في الدوران، تسمى اللف ، وتأتي دائماً على صورة مضاعفات لقيمة أساسية .

ولأسباب تاريخية انطلقت هذه القيمة الأساسية مساوية للنصف . فالإلكترون والنيوترينو مثلاً لهما قيمة لاف تساوي النصف . والفوتون له قيمة لاف تساوي الواحد ، والجرافيتون له وحدتان ، وليس يعرف في الطبيعة جسيم له لاف يزيد عن اثنين ، وتذهب النظرية إلى استحالة ذلك .

وتتحدد الخواص الأساسية للجسيمات الوسيطة بكتلتها ومعامل اللف لها معاً ، وهو ما يميز الفروق بين القوى الأساسية الأربع في الطبيعة . فكتلة الجسيم الوسيط تحدد مدى القوة الخاصة به ، كلما كبرت الكتلة صغر المدى . وإذا ما كان معامل اللف صفداً زوجياً (أو صفراً) ، فإن القوة المصاحبة طبقاً للنظرية تكون قوى جذب ، وإذا كان المعامل صفداً فردياً ، فالقوة تنافرية .

وتستغفم الطبيعة جسيمات وسيطة ذات لاف واحد أو اثنين ، وكتلة صفر . وبدون كتلة ، يكون مدى الجسيم الكون بأكمله . والفوتونات جسيمات ذات كتلة صفرية ، ولف واحد ، وهي بالفعل تمتد عبر الكون ، وهي مثل الشحنات المتعاقبة ، تتناثر . وللجرافيتون كتلة صفرية أيضاً ، ولف اثنين ، ومداه يشمل الكون ، كما أنه جاذب دائماً ، كما توقعنا النظرية . ويبدو أنه لا توجد قوة تستغفم وسيطاً ذا كتلة صفرية ولف صفر . ولكن النظرية يمكنها التنبؤ بطبيعتها لو وجدت ، فهي ستكون قوة جذب كالجاذبية ، ولكنها أبسط منها ، وليس بالضرورة أن تكون عامة بالنسبة لكافة الجسيمات في الطبيعة .

وتتصرف الجسيمات بصورة أكثر تعقيداً ، ورغم أن الأنواع الثمانية منها لها جسيماً لاف واحد ، مثل الفوتون ، فهي بإمكانها التفاعل مع

بعضها البعض ، وهو ما يجعلها جسيمة ويحدد من مداهما ، أما القوى الضميمة فتحدد مداهما يرجع للكتلة ، لجسيمات W و Z اقل من البروتون ثمانين مرة ، ومداهما اقل من 10^{-10} سنتيمتر .

وعلى الرغم من أن هذا الوصف قد يبدو مقلدا حين يعبر عنه بالكلمات ، فإن الطبيعة في الواقع تواجه تقييدا عجيبا في اختيارها للقوى الممكنة ، وكلما ظهرت المعادلات خيارا ما ، فإن الطبيعة تنزع للخيار الأكثر بساطة ، بمعنى أنه الخيار الذي يجسم التناظر .

وقبل ظهور التناظر الفائق ، عوملت الجسيمات المنتمية الى قيم مختلفة من اللف على أنها تنتمي لأسر مختلفة تماما ، وعلى الأخص ، لكل الجسيمات التي معامل لفيها عدد صحيح اتضح أنها حاملة للقوى ، أي جسيمات لمعادلات كم ، كاللوتونك والجرافيتونات ، أما الجسيمات ذات معامل اللف الكسري كاللكترون ، فهي ما كنا ننظر اليها عادة على أنها جسيمات مادية « حقيقية » ، وللتمييز بين العائتين ، سميت العائلة الأولى « بوزونات $bosons$ » ، والثانية « فرميونات $fermions$ » ، وليس هناك من تباين فوضف من ذلك ، ولا يوجد وجه للتناظر معروف بين خواص البوزونات والفرميونات ، وجاء التناظر الفائق ليغير من كل ذلك ، بتقديم وسيلة رياضية للربط بين جسيمات ذات لف مختلف في صف واحد ، ومعنى ذلك أنه يمكن البحث عن قوانين للفيزياء تتجاوز عائق اللف ، وتوحد بين الجسيمات ذات اللف المختلف في أسرة علوية $Superfamily$ بخواص متقاربة ، وعلى وجه الخصوص ، فهو يفترض تناظرا خليا بين الجسيمات حاملة القوى والجسيمات المادية .

ويطلب التناظر الفائق أن يكون لكل نوع من الجسيمات في عائلة مجال الكم (وليس كل جسيم) نظير ذو لف معاكس ، بحيث أنه ما من جسيم « وسيط » معروف يتراقق مع جسيم مادي معروف ، فإن ذلك يتطلب وجود بعض جسيمات الكم لم تكتشف بعد ، ولم يتوقع وجودها أحد من قبل ، ومن الممكن إعطاء تشبيه مقارب بين وجود عائتين من جسيمات المادة ، المادة ونقيضها ، وكان اكتشاف النقيض لللكترون (البوزيترون) مدعاة لافتراض وجود نقيض للنيوترون ونقيض للبروتون، للمطابق على التناظر . وفي التناظر الفائق ، فكل نوع من جسيمات المادة أو جسيمات المجال يجب أن يكون له نقيض بلف مختلف ، لم يكتشف بعد ، وكان اكتشاف جسيم واحد من شأنه أن يوحى بوجود الأسرة (أو الأسر) بأكملها ، مع قائمة اضافية تشمل في أن الحسابات الرياضية

لخواص الجسيمات المفترضة تبين أن بعضاً منها هي بالضبط ما يتطلب لوجود المادة السوداء في الكون . ولكن إلى الآن ليس من دليل قاطع على وجود نظير غائق لأي جسيم معروف .

ولكن كيف سيحل ذلك مشكلة النهايات في جاذبية الكم ؟ إنه الجرافيتون . والذي افترض سابقاً أنه الوحد الذي يحمل قوة الجاذبية، يتطلب له من وجهة نظر انتظار الفائق وجود جسيمات حاملة للجاذبية تسمى « جرافيتون » *gravitino* لكل جسيم له مقداره واحد ونصف . ووجود الجرافيتون سيكون له أثر بالغ على مشكلة النهايات . وبعبارة فضفاضة ، فإن حقول الجرافيتون تكون في صورة سالبة . نتيجة لا نهايات سالبة ، تعمل بسبب علاقة التناظر على إلغاء النهايات الموجبة للجرافيتون . وحيث أننا ليس لنا بالمرّة قسم عرى الجسيمين . فإن تأثيرهما يجب أن يؤخذ ككل لا يتجزأ . وهو ما يسمى عادة « الجاذبية الفائقة » *supergravity* .

إبعاد أخرى للفلسفة .

لفترة في أواخر السبعينيات وأوائل الثمانينيات . بدأ أن التناظر الفائق يمهّد الطريق لنظرية متنافسة عن الجاذبية في إطار ميكانيكا الكم . ولكن اكتشف بعد ذلك أنه يتشكّل مع زيادة عدد اللانهايات . ولم تدم الفترة طويلاً . حيث أن أسوأها جديداً بالمرّة لحل المشكلة كان قيد البحث والنقل : إمكانية توحيد قوة الجاذبية مع قوى الطبيعة الأخرى في نظرية متنافسة رياضياً إذا ما اعترف بوجود أبعاد إضافية للكون .

وقصة وجود أبعاد أكثر من ثلاثة للكون لها تاريخ طويل . فبعد طرح النظرية النسبية العامة بوقت طويل . حين لم يكن معروفاً سوى قوتين أساسيتين في الطبيعة . الجاذبية والكهرومغناطيسية ، قدم رياضى ألماني يدعى تيودور كالوزا *Theodor Kaluza* ، طريقة لوصف الكهرومغناطيسية بطريقة هندسية . وبين أن المجال الكهرومغناطيسي يمكن النظر إليه كالنموذج في الفضاء ، ولكن ليس الفضاء المادي ثلاثي الأبعاد الذي ندرسه أحاسيسنا ، بل فضاء ذو بعد رابع ، لسبب ما لا ندرسه . ولو صح ذلك ، فإنه بإمكاننا تصور الموجات الكهرومغناطيسية والذوئية كاهتزازات في البعد الرابع للفضاء . ولو أننا أعدنا صياغة نظرية الجاذبية لايتشتين ذات الأبعاد الأربعة لتضم هذا البعد الرابع للفضاء ، لكون المجموع خمسة ، فإنها ستضم كلا من الجاذبية ومعدلات ماكسويل للكهرومغناطيسية . وعلى ذلك ، فإن الجاذبية والكهرومغناطيسية ، منظوراً إليهما من البعد الرابع ، سيكونان تشبه بهما ذات خمسة أبعاد .

لخواص الجسيمات المفترضة تبين أن بعضاً منها هي بالضبط ما يتطلب لوجود المادة السوداء في الكون . ولكن إلى الآن ليس من دليل قاطع على وجود نظير غائق لأي جسيم معروف .

ولكن كيف سيحل ذلك مشكلة النهايات في جاذبية الكم ؟ إنه الجرافيتون . والذي افترض سابقاً أنه الوحد الذي يحمل قوة الجاذبية، يتطلب له من وجهة نظر انتظار الفائق وجود جسيمات حاملة للجاذبية تسمى « جرافيتون » *gravitino* لكل جسيم له مقداره واحد ونصف . ووجود الجرافيتون سيكون له أثر بالغ على مشكلة النهايات . وبعبارة فضفاضة ، فإن حقول الجرافيتون تكون في صورة سالبة . نتيجة لا نهايات سالبة ، تعمل بسبب علاقة التناظر على إلغاء النهايات الموجبة للجرافيتون . وحيث أننا ليس لنا بالمرّة قسم عرى الجسيمين . فإن تأثيرهما يجب أن يؤخذ ككل لا يتجزأ . وهو ما يسمى عادة « الجاذبية الفائقة » *supergravity* .

إبعاد أخرى للفلسفة .

لفترة في أواخر السبعينيات وأوائل الثمانينيات . بدأ أن التناظر الفائق يمهّد الطريق لنظرية متنافسة عن الجاذبية في إطار ميكانيكا الكم . ولكن اكتشف بعد ذلك أنه يتشكّل مع زيادة عدد اللانهايات . ولم تدم الفترة طويلاً . حيث أن أسوأها جديداً بالمرّة لحل المشكلة كان قيد البحث والنقل : إمكانية توحيد قوة الجاذبية مع قوى الطبيعة الأخرى في نظرية متنافسة رياضياً إذا ما اعترف بوجود أبعاد إضافية للكون .

وقصة وجود أبعاد أكثر من ثلاثة للكون لها تاريخ طويل . فبعد طرح النظرية النسبية العامة بوقت طويل . حين لم يكن معروفاً سوى قوتين أساسيتين في الطبيعة . الجاذبية والكهرومغناطيسية ، قدم رياضى ألماني يدعى تيودور كالوزا *Theodor Kaluza* ، طريقة لوصف الكهرومغناطيسية بطريقة هندسية . وبين أن المجال الكهرومغناطيسي يمكن النظر إليه كالنموذج في الفضاء ، ولكن ليس الفضاء المادي ثلاثي الأبعاد الذي ندرسه أحاسيسنا ، بل فضاء ذو بعد رابع ، لسبب ما لا ندرسه . ولو صح ذلك ، فإنه بإمكاننا تصور الموجات الكهرومغناطيسية والذوئية كاهتزازات في البعد الرابع للفضاء . ولو أننا أعدنا صياغة نظرية الجاذبية لايتشتين ذات الأبعاد الأربعة لتضم هذا البعد الرابع للفضاء ، لكون المجموع خمسة ، فإنها ستضم كلا من الجاذبية ومعدلات ماكسويل للكهرومغناطيسية . وعلى ذلك ، فإن الجاذبية والكهرومغناطيسية ، منظوراً إليهما من البعد الرابع ، سيكونان أشبه بجاذبية ذات خمسة أبعاد .

وتلطف فيزيقي مسويدي مسكرة كالورا . هو اوسكار كلاين *Oskar Klein* . وبين ماذا لا يمكننا ادراك البعد الرابع للفضاء . لقد ذهب الى ان البعد الرابع للفضاء ، مطوي ، بصورة ما فلا نشعر به . فبالضغط كما تلوح لنا البوابة على البعد كخيوط وحيد البعد . رغم انها في الحقيقة اسطوانية الشكل . كذلك فان الفضاء رباعي الأبعاد يمكن تصويره كانبوبة عظمى *hypertube* (الشكل ٤٠) . فما تمارفنا على باعتبارها نقاطا لا حجم لها ولا هيكل في الفضاء ثلاثي الأبعاد . يمكن ان نتصورها كموائير دقيقة في الفضاء رباعي الأبعاد . بل وقد قامت النظرية بحساب محيط تلك الدائرة . مبنيا على القيمة المعروفة للوحدة الأساسية للشحنة الكهربائية . فكان اقل من بليون مرة قطر نواة الذرة . ومن ثم فلا عجب في عدم احساسنا بالبعد الرابع .



الشكل (٤٠) : ما يبدو على البعد انه خط ذو بعد واحد بليون بالمقياس انه الأنبوب ذو بعدين . وكل . نقطة . على الخط هي في الواقع دائرة صغيرة محيط بالانبوب . ويطلق الطريقة . ما نصبه تلك في للفضاء انه يفتح انه دائرة صغيرة . تسمى . بالبعد الرابع .

وحازت نظرية كالورا - كلاين شيئا من القبول العلمي لصحة عقود . ومع اكتشاف القوتين الضعيفة والقوية ، العصر الذهبي من نظرية توحيد قوتين من قوى الطبيعة متجاملة الآخرين . ثم عادت فكرة وجود أبعاد اضافية للكون للظهور في اوائل الثمانينات . وفي الصورة الجديدة من النظرية . اصطلحت كل قوى الطبيعة منشأ نفسها . والسبب في أن العلماء استغرقوا كل هذا الوقت لاتخاذ هذه الخطوة المنطقية من تعميم نظرية كالورا - كلاين هو أن القوة الكهرومغناطيسية ليساطعتها لم

تحتج إلا لبدء واحد اضافي لاحتوائها في ذلك التصور ، بينما احتاجت كل من القوتين الاخرتين لعدد من الأبعاد أكثر ، بسبب تفحصها - فلاحظوا ، كافة خصائص القوى الأربع ، نحتاج لثمرة أبعاد فضائية بالإضافة للبعد الزمني .

وتسبب هذا التزايد في الأبعاد الكونية في تصميم مسألة تصورها - فمن المهم أن نتصور لها شكلا من الطي ، لتبرير عدم ادراكنا لها ، ولكن الطرق متعددة لتصوير ذلك - فبمعدان فضائيان مثلا يمكن تجسيمها في كرة أو حلقة أسطوانية - ومع المزيد من الأبعاد نزداد الإمكانيات ، وتزداد صعوبة التصور - وفي أحد النماذج الرائعة بأحد عشر بعدا أصيف للزمكان ذي الأبعاد الأربعة المعتادة ، سبعة أبعاد متجمعة فيما يقابل كرة سياعية الأبعاد - وكان هذا هو أكثر التشكيلات بساطة وناظرا - وكانت الكرة سياعية الأبعاد محيطة لدى العلماء لبساطه خواصها الهندسية ، والتي كانت قد اكتشفت بواسطة علماء رياضيات منذ عقود ، لسنوات قبل أن يطرح ملاحظة كيتونة كهذه لمعلم الفيزياء على بساط البحث .

ونفصح أن الجاذبية الفارقة تتناسب مع هذا الفكر تماما . أبسط صياغة رياضية لها تضمنت بالفيصل أحد عشر بعدا - بمعنى أن التناظرات المعقدة في الأبعاد الأربعة اختصرت جميعها لتناظر طبيعي وحيد وبسيط في رياضيات الأبعاد الأحد عشر - وعلى ذلك ، فلو أن المرء بدأ من النسبية العامة ووصلها للقوى كالتحنا في الزمكان ، أو بدأ من النظرية الكمية وتصويرها للقوى بفهوم الجسيمات الوسيطة ، فيبدو أنه مفاد أن تناظر ذي أحد عشر بعدا .

ومع كل ما في هذه الأفكار من وجاعة وإفراء ، فقد ظل شبح اللاتناسق الرياضي مغيبا - وتمثلت إحدى الصعوبات في قضية اللف - فلكي تتضمن النظرية جسيمات ذات لف ، كان القروض أن يكون عدد أبعاد الفضاء مع الزمن زوجيا ، لا فرديا كأحد عشر - وبينما العلماء يكدحون في مراجعة هذه المسئلة ، برزت لفظة فكرة واحدة جديدة ، تدفعن المفهوم الشائع للتناظر الفائق ، والأبعاد المتعددة ، وشيئا آخر أيضا .

هل الانسلا في الثوثر ؟

إن ممكن الصعوبة في أية محاولة لتوحيد قوى الطبيعة هو شبح اللاتناسبات الذي يهدد بتفجير الكرة التنبئية لأية نظرية - ولنتذكر أن

هذه اللانهايات تنشأ من كون الجسيمات الوسيطة تنكس كلنا ذات طاقاتها اقرب واقرب حول الجسيم المادى . وتنشأ اللانهاية لأنه يوجد حد لمدى اقتراب الجسيم الوسيط من الجسيم المادى المترابط معه ، ذلك لأن الجسيم المادى ينظر اليه تقليدياً - كنقطة هندسية لا ابعاد لها . وتنتج اللانهاية من حاصل قسمة الطاقة على الحجم الصغرى لهذه النقطة الهندسية . فلو أنه نظر لنجسيم المادى كشيء ذو حجم معين ، فإن المشكلة ستختفى في الحال .

وترجع محاولات معاملة الالكترون ككرة لا نقطة هندسية لغرض معنى تقريبياً . ولم تقبل هذه الأفكار لعدم انسالتها مع النسبية . أما وجه البعثة في الأفكار الحديثة فهي أن الجسيمات ممت في الفضاء في بعد واحد فقط . فهي ليست نقاطاً هندسية . ولا تكونت من المادة . بل أوتاراً ذات قطر متناه في الصغر .

وينظر لهذه الأوتار على أنها اللبنات الأساسية للكون . حالة محل فكرة الجسيمات التقليدية ، ولكنها تشابه مع الجسيمات في مقدارها على التحرك ، ولكنها تحوز درجة من الحرية لوسع ، إذ بإمكانها بجانب الحركة ، أن تتلوى .

في أوائل السبعينيات ، كان نجاح نمذجة سلوك المواد النووية باستخدام مفهوم الأوتار محدوداً . وقد بدا في كثير من الأحوال أن الجسيمات النووية تسلك مثل الأوتار المتحركة . ولكن كانت هناك صعوبات أيضاً ، فقد بينت الحسابات أن تلك الأوتار تتحرك أسرع من سرعة الضوء ، وهو ما يحرمه النسبية . ولما بدت النظرية محتوما عليها القشل ، لما ما حلت على النظرية بلانكا فكان استرجاعا حل التناظر المائت ، فـ « الأوتار الفائقة » كانت حسن السلوك بالمثل .

ثم برزت صعوبة أخرى . فالصياغة النظرية لهذه الأوتار حسنة السلوك بدا أنها تحتوي على جسيم ليس له محل في الأسرة المعروفة من الجسيمات . ذي لف قيمته الثنان ، وكتلة صفرية . ومن ثم قلل سرعة الضوء . ولم يكن مثل هذا الجسيم مبروراً في العمليات النووية ، وبالإضافة لوصف الجسيمات والقوى المألوفة ، كانت نظرية الأوتار تحاول أن تصف شيئاً غير متوقع بالمرة . لم يقصد المنظرون تصميمه فيها . ولكن الجسيم متمم الكتلة ذا معامل ألف اثنين ، رغم أنه لم يكن متوقفا في هذا السياق ، معروف جيداً تحت اسم جرافيتون ،

وسريعا ما تطورت نظرية الأوتار الى نظرية جاذبية . وسنم مزج ذلك
بافكار الشناظر الفائقة ، اقترحت كينونة جديدة ، هي الأوتار الفائقة .

وأصبح واضحا على الفور أن الأوتار الفائقة لها خواص متميزة
تعد بمحو كل اللانهايات المزججة التي صاحبت نظريات الجسيمات
التقليدية . فعند مقادير الطاقة الحديثة تتجول الأوتار كما لو كانت
جسيمات عادية . وتنقسم كافة الخصائص التي وصفتها النظريات
التقليدية لتعود خلت . ومع ارتفاع قيم الطاقة بما يسمح بظهور شأن
القوى التجاذبية ، تبدأ الأوتار في التمدد . وبالتالي تغير من السلوك
عند الطاقات العالية بصورة جذرية وبطريقة تمحو أي تواجد للانهايات .

وفي إحدى صياغات النظرية تتكون الأوتار (زمكان) من عشرة أبعاد ،
وفي صياغة أخرى . نطلب الأمر ستة وعشرين بعدا . وتضمنت نظرية
الأبعاد المتيرة اللب بلا مشاكل . وكما في نظرية كالوزا - كلاين .
كيسست الأبعاد الإضافية الى حجم غاية في الضالة . ورغم أن هذه الأبعاد
الإضافية غير قابلة للرؤية مباشرة ، إلا أنه من المفري أن يتفكر المرء أن
كان من الممكن الاحساسيا بأثرها بصورة أو بأخرى . وكما رأينا ، يربط
علما فيزياء الكم بين المسافة والطاقة . فلكي نسير فور المسافة لجزء من
بليون بليون جزء من قطر نواة الذرة . نحتاج الى طاقة أعلى من طاقة
النواة بنفس النسبة . وليس من مكان ينصور أن يتواجد في طاقة بهذا
المستوى إلا في الانفجار العظيم ، والذي - لو صحت هذه الأفكار - تكون
العمليات أثناءه متضمنة أبعادا متعددة بصفة أساسية . ومن الاحتمالات
التيرة أن تكون كافة أبعاد الفضاء في البداية على قدم المساواة ، وأن
قاضي الكون البدائي ، من جسيمات أولية ، قد عايشت تلك الأبعاد
المتعددة . وحدث التطور بعد ذلك . ثلاثة من تلك الأبعاد ابتلعت سريعا
خلال التضخم لتكون الكون الحالي ، بينما توارت الأبعاد الأخرى عن
الأنظار . تعبر عن وجودها ليس كفضاء ولكن كخواص كامنة في
الجسيمات والقوى . وتظل الجاذبية إذن القوة الوحيدة المتصاحبة لهيمنة
الفضاء والزمن كما نتصور الآن تماما . ولكن كل القوى والجسيمات ،
بصريح العبارة ، ذات أصل متضمن .

ولا تتحرك الأوتار على استقلال . بل يمكنها أن تتفاعل فيما بينها ،
متسببة في أن تتواصل أو تنقسم . وفي الواقع ، فإن سلوك مجسومة
من الأوتار أمر يالئ التمثيل ، وبالكاد بدأ - بصورة لم تزل مبهمة - فهم
الكروام الحاكمة لأنشطتها . ويمكن أن تكون الأوتار مفتوحة ، مهتزة

الطرفين . او حلقية . وهي الوضعة بعرجة اكبر ، والتي تحوى اغلب النماط التي ظهرت (أو دخلت) فى نظريات التوحيد العظمى (المسماة رياضيا بالاسم الكونى E_6) ، مضافا اليها الجاذبية الفائقة ايضا .

وفى الواقع . فان النماط الكامل فى هذه الصورة من النظرية يحوى فى الحقيقة على 24 مرتين . فى مجسوة يطلق عليها E_{24} . وقد اتجه بعض المنظرين الى افتراض أن هذا الاندماج يعنى وجود كون مرافق لكوننا . عالم ظل مسكون بمادة شبيهة بمادتنا ، ولكنها لا تتفاعل مع مادة كوننا الا من خلال الجاذبية .

ولما من الشعور بذلك العالم الظل الذى يغفلل خلال عالمنا ، فانه من الممكن أن تخترق شخصا مخلوقا من مادته دون أن تحس بذلك . ذلك لأن الجاذبية المرتبطة بالأجساد البشرية ضعيفة للغاية . أما لو حلت وعبر كوكب مجسومتنا الشمسية ، فهو قادر على دفع الكرة الأرضية بعيدا عن مدارها ، ولو تم شيء من ذلك فسيكون أمرا عجيبا ، حيث ان السبب لذلك لن يكون مرئيا ، كما لو كانت الأرض قد وقعت فى قبضة رهيبة خفية تدفعها دفعا .

وفيما وراء المجموعة الشمسية يمكن تصور مجرات هلية . بل ولقوب سوداء هلية . ولما كانت اللقوب السوداء كينونات جاذبية صرفة . فانها لن تكون متميزة عن لقوب كوننا السوداء . ومع ذلك ، فلو كان هناك عالم ظل يحوم حولنا ، فانه سوف يساعد على الكشف عن وجود المادة السوداء . ولكن هذه الافتراضات المتطرفة هي على هامش نظرية الأوتار الفائقة . فاهمية النظرية لدى الفيزيائيين ليست فى تفسير المادة السوداء ، بقدر ما هي فى تفسير توحيد القوى .

حين تتوحد القوى

ما زال الوقت مبكرا لمعرفة ما اذا كانت نظرية الأوتار الفائقة (٣) بمقدورها أن تعيد صياغة الفيزياء كما نعرفها ، وفى نفس الوقت تتلashed اللانهايات التى تصيب نظريات التوحيد الأخرى . ولكن الظواهر الى الآن مباشرة ، حتى لو كان من المحتمل أن بعضا من تنبؤاتها الغريبة حرية بأن تسقط خلال إقامة النظرية على قواعد أرسخ . وهما كانت صورة جبل المسألة . فانه حتى النظريات الفائقة تسمح مجاللا لامثلة أخرى من شرائب الكون الكمي ، بما فى ذلك تهرقات الجسيمات الوسيطة فى الشبكة الكونية .

وتتضمن نظريات التوحيد الكبرى اندماج القوى المختلفة في حوية واحدة . كما أنها تتضمن توحيد الصور المختلفة من المادة في حوية واحدة . والجسيمات المتصادمة تقع في مجموعتين ، الإلكترونات والكواركات . والتمييز الجوهرى بينهما هو أن الكواركات فقط هي التي تستجيب للقوة النووية الشديدة المحولة بواسطة الجلوونات ، بينما تعمل القوة الكهروضعيفة على النوعين . ولكن القوة الموحدة العظمى تفضل ، بحكم طبيعتها ، في التمييز بين الكواركات واللبتونات ، حيث أن ذلك يتطلب خواص من كلتا الكتلتين .

وتفترض الحسابات أن القوة الموحدة العظمى محولة بواسطة جسيم وسيط أعطي اسما كوديا X ، يمتلك كتلة حائلة ، ناطيا جزء من مليون جزء من الجرام ، وهي حائلة لأنها أثقل من البروتون بمليون مليون (١٠١٠) مرة . ويفضل عدم اليقين الكم . فإن هذا الجسيم لا يظل إلا لفترة جد وجيزة (نذكر أن فترة البقاء للجسيم التقديرى تقل مع زيادة كتلته) ، ومن ثم فله مدى جد محدود . وعلى ذلك ، فهذا الجسيم الفسحي يمكنه الظهور الفجائى . حتى بداخل البروتون ، ولكن لا يظل إلا لفترة ١٠ - ٢٠ ثانية تقريبا . وبذا لا ينتقل إلا لمسافة ١٠ - ٢٠ من المستمتر . وإلى جزء من تريليون جزء من قطر البروتون ، قبل أن يبعد الطاقة التي اقترعها من الفراغ التقديرى . ولما كان البروتون يحتوى على ثلاثة كواركات ، فإنه من غير المتصور أن يتلاقى أى منها مع الآخر في تلك الفترة الوجيزة . إلا أن الاحتمال الناية في المسألة ، بأن يقترب كواركان لتلك المسافة الضئيلة ، ليس مستبعدا ، حتى وإن كان احتمالا يماثل صفرنا نحلتي في حظيرة طائرات .

ولتقريب هذا المثال من اللغة ، نقول انها فرصة تصادم نحلتي من ثلاث نحللات في حظيرة طولها عشرة ملايين كيلو متر . ونحن يتحقق ذلك اللقاء اليميد الاحتمال ، فإنه يمكن تبادل جسيم X بينهما ، وهي عملية ذات اثره خطر عظيم . فالكواركان المتفاعلين مما سيتحولان الى كواركين مضادين ، بالإضافة الى بوزيترون .

وحين يتم ذلك التحول داخل البروتون ، فإن البوزيترون يلفظ . بينما يتحول الكوارك الثالث ، مع الكواركين المضادين ، الى جسيم يعرف بـ $e^+ p$. وبعد جزء من ثانية ، يتحلل البوسون ذاته الى البروتونات بالطريقة المذكورة ، فإن تلك الإلكترونات والبوزيترونات معنى ذلك هو أن ثلاثة بأسرها غير مستقرة ، ولن تقوم للأبد . فنظريات

التوحيد الطلي كما تقدم آلية ظهور المادة ، تقدم أيضا بلور فنانها . وكل بروتون في الكون قد ولد متزاوجا مع إلكترون ، وحسن تحمل البروتونات بالطريقة المذكورة . فإن لكساء الإلكترونات بالبروتونات يصبح أمرا حتميا ، فينتفانان ، وهو ما يتدر بفناء تام للمادة (٢) . ولكن لا تفرح دون داع ، فالنظرية لم تتأكد نهائيا بعد ، وحتى لو تم ذلك ، فاحتمال انحلال البروتون يتطلب فترة لا تقل عن 10^{-32} سنة .

كيف يمكن مشاهدة عملية بهذا القدر من نعمة الاحتمال معمليا ؟ الطريقة الوحيدة ، كما ذكرنا في الفصل السابع من انحلال ألفا ، هو مراقبة عدد كبير جدا من البروتونات لفترة طويلة . لمراقبة 10^{22} بروتون يؤدي لاحتمال انحلال واحد منها خلال سنة . وقد أعلن فريق بحث هندي في أوائل الثمانينيات ، أثناء مراقبة مائة طن من الحديد بكاشفات غاية في الدقة عن اكتشاف حدث من هذا القبيل ، ولكن غالب الظن أنهم كانوا مضطربين .

وعلى الرغم من عدم ملاحظة انحلال البروتون بصورة مباشرة ، فإن أغلب الفيزيائيين يعتقدون أن قوى الطبيعة لها بالفعل أصل مشترك على مستوى عال من العمق . وقد تركزت كل المجهودات في العشرين عاما الماضية في اتجاه التوحيد ، وإيجاد روابط ما بين الخصائص المختلفة للطبيعة . فهناك احساس متنام بأن الكون الفيزيائي يحتوي على رابطة لا تضم لحساب الجسيمات المتشابهة في أماكن مختلفة ، ولكن أيضا الجسيمات والقوى المختلفة . وفي النهاية ، يمكن للمرء أن يتوقع أن الجسيمات المختلفة ، ومجالات القوى ، والفضاء ، والزمن ، وأصل الكون . هي عناصر من كل ، متضمن في نظام رياضي . ويرى بعض المتفائلين ، من أمثال ستيفن هوكينج ، أن الهدف على مرعى البصر . ولو كان الأمر كذلك ، فإن تحويل الساعة النيوتونية المنضبطة إلى شبكة كونية لم يتطلب إلا مجرد ثلاثة قرون . ولكن إذا بنت المهمة بسرعة ، فإنه بإمكاننا أخذ فكرة عن أثر الانقواء النهائي للزمن والفضاء من أحد أعجيب الكون ، الثقب الأسود .

قوائم بالتفصيل التكملة

(١) حاز كل من تلميذات و تلميذات على جائزة نوبل عام ١٩٥٦ على وضع هذه النظرية - (الترجمة) -

(٢) حاز من اكتشاف هذه القوة كل من جاكوب . جيد السلام . وايتبرج على جائزة نوبل عام ١٩٦٩ - (الترجمة) -

(٣) للمزيد من نظرية الأوتار الثلاثة . نلحق كتاب « ما بعد أينشتاين » . ترجمة الدكتور غايي نوري المادة . النشر « التكملة » - (الترجمة) -

(٤) الفيزيائيون أيضا جسيم غير مستقر إذا وجد حراً . إذ يحصل إلى بروتون والكثيرين .

الفصل التاسع

ما وراء المستقبل اللامتناهي

لدى أغلب الناس خوف لطيف من الأماكن المتسعة ، وهو شعور بدائي يرجع غالباً لصغر الأجساد الذين ألزمتهم فكرة الفضاء اللانهائي ، ففضلوا الاعتقاد في كون محتوى في طبقات متحدة المركز . حتى فكرة الفراغ بين الذرات أثارت قدراً من عدم الارتياح . فكثير من الفلاسفة الأهميق الضلوا مصنف ضد فكرة الكالين بذرات تتكون منها المادة وتحوم في الفراغ ، وقد اتخذ هذا الإحساس شعاراً له في المقولة : « ان الطبيعة تمقت الفراغ » . وحتى ديكرات أعلن : « الفراغ يشيخ للمنطق » . بل وحتى مطلع القرن العشرين لم نعلم عالماً ذا شأن مثل ماخ يثب ضد فكرة اللدة لحساب فكرة المادة المتصلة بلا تجزئة . ويبدو أن الفزع من الفراغ يثير خوفاً متاعبلاً في النفس البشرية . فلا يجب إذن أن يسأ الناس إحساس بالوجل المنسوب بالرحبة لما أثير في الآونة الأخيرة من إمكانية ابتلاع الفراغ لهم .

ويعتبر كتاب جون تايلور John Taylor « الثقوب السوداء » المنشور عام ١٩٧٣ من أكثر الكتب العلمية انتشاراً على الإطلاق . وعلى الرغم من أن فكرة وجود ثقوب سوداء في الفضاء كانت تتشكل في أذهان العلماء لروح من الزمن ، إلا أنها لم تأخذ هذا الاسم للثير إلا في أواخر الستينيات . ولم تحز اهتمام الصامة إلا في السبعينيات . وقد سوغت الخصائص الغامضة والرحبة لتلك الكينونات لها اهتماماً غريباً وغشياً لها مكاناً داسخاً في مفردات اللغة . فمن للأولف في أيامنا هذه أن تقرأ عن ثقب أسود في مركز مجرة منهمك في التهام ما حوله من مكونات الكون . ولكنها منذ ربع قرن لم تكن سوى المفراض مبهم .

وتتكون القلوب السوداء حين تنشط قوة الجاذبية ، وهي قوى الطبيعة ، لتتسبب الموقف . ويسمح لهذه القوة أن تتزايد بلا حد إلى درجة أنها تمارس تأثيرها الجذبي على مدى الكون على رحابته . فبقية القوى مضمومة : فالقوتان النوويتان مقصورتان على البعد النووي ، والقوة الكهرومغناطيسية تدور بين الجذب والتنافر بما يجعل تأثيرها يلغى بعضه بعضا . لكن استمر في زيادة الطاقة لجرم ما ، وسنجد أن تأثيره يتزايد بلا حد .

ولا تعتمد الجاذبية لجسم ما عند سطحه على كتلته فقط ، بل أيضا على حجمه . فمثلا ، لو أن الأرض ضغطت لنصف قطرها الحالي ، لكان وزن كل منا أربعة أمثاله الآن . ذلك لأن الجاذبية تتبع قانون التربيع العكسي ، فترداد مع نقص المسافة . وزيادة الجاذبية تجعل مسألة الفرار من الأرض أصعب . فمع حجم الأرض الحالي تصل السرعة المطلوبة للانطلاق في الفضاء والتحرر من جاذبيتها أحد عشر كيلو مترا في الثانية الواحدة ، وهو ما يطلق عليه « سرعة الإفلات » . وتصل هذه السرعة للأرض المضغطة لنصف حجمها أكبر من السرعة الحالية بما يقارب واحدا وأربعين في المائة .

اعتقال الضوء

لو أن الأرض استمرت في تقلصها مع الحفاظ على كتلتها ، فسوف تتزايد الجاذبية عند السطح ومعها سرعة الإفلات بلا حد . وحين تصل الأرض لحجم حبة فاصوليا ، تصل سرعة الإفلات لسرعة الضوء . هذا الحجم يعتبر حجما حرجا . فهو يعني أن جسما كهذا لا يمكن أن يصدر ضوءا ، ومن الوجهة الواقعية تختفى الأرض ، وتصبح من وجهة نظر المشاهد لها ، سوداء تماما . والغريب أن فكرة وجود جسم فلكي ذي جاذبية تجسب الضوء ، قد أثارها منذ قرنين الفلكي والفيلسوف البريطاني جون ميشيل John Michell ، ثم أعادها للأذهان بعد ذلك بقليل الفرنسي بيير لابلاس Pierre Laplace .

وليس من خاطرة أن تتقلص الأرض بهذه الطريقة ، فهي آمنة من جهة جاذبيتها بصلابة مادتها . أما بالنسبة للأجرام الأكبر حجما ، فالأمر مختلف . فالنجوم مثل الشمس منهكة في حركة لا يبدأ أوارها مع الجاذبية ، ولا يمنع انهيار هذه الكرات الغازية تحت ثأر وزنها إلا ما يتولد بداخلها من ضغط هائل . فقلب النجم يصل لملايين من درجات الحرارة ، وهذه الحرارة تنتج ضغطا يكفي لحمل الوزن الهائل للطبقات المتتالية من

الفاز • ولكن الأمور لا يمكن أن تجري على هذه الوثنية للأبد • فالحرارة تتولد من التفاعل النووي • والمصير النهائي للمعززون من الوقود النووي يدخل الشمس هو الانفاد • وعندئذ يقع النجم تحت رحمة الجاذبية •

وما يحدث بعد ذلك يعتمد بصفة أساسية على وزن النجم • فنجم كالشمس سينتهي به الأمر إلى التقلص لحجم يساوى حجم الأرض • متحولاً إلى ما يطلق عليه الفلكيون القزم الأبيض • ومثل هذه النجوم معروفة منذ أمد بعيد • فرقيق الشمس البنية هو قزم أبيض يدور حوله • وبسبب الاندماج • فالجاذبية السطحية للقزم الأبيض هائلة • قبله منقطة من مادته المنصبة تساوى حولة سيارة تفل على الأرض • ولكن وزنها يصل لدرجة ملايين طن تحت تأثير جاذبيتها الهولة • والأقزام البيضاء لا تضغط بدرجة أكبر بفضل تأثير ميكانيكا الكم • فالإلكترونات فيها لا تتقارب بدرجة أكبر بسبب تأثير على شاكلة التأثير الذى يصددها داخل الفرة في مستويات طاقة معينة • وهو الذى يمنع الفرة من الانهيار • وهذا مثال درامى للتأثيرات الكمية تمارس دورها •

ويعود تفهم قدرة تأثيرات الكم على وضع نجم فى حالة توازن إلى الثلاثينيات • ففي ذلك الوقت • كان طالب هندى يسمى سوبرامانيان شاندراسيخارSubramanian Chandrasekhar يجها على متن سفينة متجهة إلى إنجلترا للعمل مع الفلكى البريطانى ذائع الصيت سير آرثر ادنجتون Sir Arthur Eddington • وخلال رحلته الطويلة أجرى بعض الحسابات • وتبين منها أن نجما له كتلة أكبر من الشمس بنسبة ٥٠٪ تقريبا • لن تجديه الإلكترونات تحت تأثير الكم المذكور فى حمايته من المزيد من الانضغاط (١) • وقد عرض حساباته على ادنجتون الذى رفض تصديقها • ولكن الطالب كان على حق • فالنجم بعد كتلة معينة لا يمكن أن تستقر عند الأقزام بيضاء •

والانضغاط الأكثر فى النجوم التى كتلتها تسبب جاذبية تنقلب على تأثير الكم اللصم للإلكترونات يسبب تغيرا فى بنية الأنوية الذرية التى تتركز فيها أغلب الكتلة • فالقوة المنسقة تعاني من شيء أشبه بانحلال بيتا معكوسا • تضغط فيه الإلكترونات والبروتونات لتتحول إلى نيوترونات • وتقوم النيوترونات تحت تأثير الكم السابق بنفس دور الإلكترونات فى الأقزام البيضاء • وتحت قدم معين من الكتلة يستقر النجم بعد انضغاطه عندما يعرف باسم النجم النيوترونى (راجع الفصل

السامس) ، ويتلقى حجمه نظائرا إلى قدر مدينة ، بينما كتلته أكثر من كتلة الشمس . وسرعة الاقتران للنجم النيوتروني هي نسبة من سرعة الضوء ، ومنها علينا أن نجعلنا تقترب من النجوم السوداء التي قال بها ميشيل ولايلاس موجودة بالفعل .

فماذا عن النجوم الأكثر كتلة من النجوم النيوترونية ؟ إن الفلكيين غير متأكدين من الحد الذي يحد من زيادة كتلة النجوم النيوترونية . بل ومنهم من يقترح مرحلة تالية من استقرار النجوم ، تستقر فيها المادة عند مرحلة الكواركات . ولكن هذا عاما يمكن استنباطه من النسبية العامة .

فلنسم نجم ذي كتلة معينة ، فإن قلبه يجب أن يكون على درجة معينة من الصلابة . وكلما زاد النجم وزنا ، زادت الصلابة المطلوبة لمادة قلبه . وتعتمد الصلابة بدورها على سرعة انتقال الصوت بداخل المادة ، فتزداد مع زيادة الصلابة . فإذا ما بلغ النجم ثلاثة أمثال وزن الشمس ، وصلت الصلابة المطلوبة لإبقائه لا يقابل سرعة انتقال للصوت أسرع من الضوء ، وهو محال من وجهة نظر النسبية ، وليس أمام النجم إلا أن يواجه الانهيار تاما بفعل الجاذبية .

ولو كان لنجم أن يواصل الانهيار بعد مرحلة النجم النيوتروني ، فإن اختلاص يتم في أجزاء من الألف من الثانية ، إلى هذه الدرجة تكون قوة جاذبيته . ويتجاوز سطح النجم سرعيا الحد الذي يحبس الضوء ، ولذا فإن مشاهدا على البعد لن يستطيع رؤيته بعد وصوله هذه المرحلة . ورغم أن ميشيل ولايلاس كانا منطقتين في إمكانية تواجد نجوم سوداء ، فانهما كانا منطقتين في تصورها إمكانية أن يكون النجم مستقرا عند هذه المرحلة . فنحن نعلم الآن أن نجما كهذا لن يستقر على حاله حين يصل لمرحلة حبس الضوء ، بل سيواصل انكماشه إلى أن يتلاشى تماما من الوجود ، مغلفا وراء ثوبا يحبس بصرة من جاذبية مهولة لا كان نجما يوما ما ، لتمثل في التواء عنيف في كل من الزمن والفضاء . وعلى ذلك ، فإن منطقة الانهيار التبعاضية الكامل تظهر سوداء وغارقة معا ، أي قلب أسود .

تهالوي النجوم

هذا عن النظرية ، فماذا عن الواقع ؟ إن لدى الفلكيين شواهد مباشرة على وجود الأقزام البيضاء والنجوم النيوترونية ، أما الشواهد على وجود الثقوب السوداء فتتيرة للمصاحب . إن تمت أيدينا تصورا مقننا لكيفية

تشكلها ، فالأمر ليس موجزا في انهيار تام وشامل للنجم ، بل هو أكثر من ذلك تقديما . فالتفاعل النووي الذى يبقى على النجم حارا يتم فى أعماقه . وحتى ياذن الوقود بالنفاد ، تتضائل قشرة النجم على إنتاج ضغط يقاوم الوزن الهائل لطبقاته المتتالية ، فيقلص قلبه تحت تأثير الجاذبية . ويمكن أن تؤدى الظروف لأن يكون ذلك التقلص فجائيا . وحتى ينهار النجم على نفسه بهذه الطريقة ، فإنه يطلق نفاثة من الطاقة ، جزء منها على صورة موجة تصادمية ، ولكن أيضا على صورة دفقة مهولة من جسيمات النيوترينو (وهى أيضا من النتائج الثانوى للعمليات النووية التى تجرى داخل قلب النجم) .

وتحت الظروف المعتادة ، ليس لجسيمات النيوترينو تأثير يذكر على المادة . اختفاؤها منها من الضعف بحيث يمكنه اختراقها مباشرة . ولكن التركيز الهائل للمادة المواجهة لانتشار جسيمات النيوترينو المصاحبة للموجة التصادمية يعوقها بدرجة كبيرة ، فيسبب ذلك فى ضغط منها على طبقات النجم الخارجية يؤدى إلى انفجارها وتشتتها للخارج فى الوقت الذى ينهار فيه القلب للداخل . والانفجار والانفجار المتزامن يعرفان لدى الفلكيين بانفجار المستعر الأعظم ، أو السوبر نولا .

وانفجار المستعرات العظمى من أكثر الأحداث الفلكية الآلة . للمعد أيام ، يسائل الضوء القادم من النجم ما يصل من مجرة كاملة ، إذ أن الطاقة المنبعثة من الانفجار تكون على صورة ضوء وصور أخرى من الإشعاع . ومثل هذا الانفجار فى مجرتنا يرى بالعين المجردة . ومن حوادثها الشهيرة حادثة « النجم الزائر » فى كوكبة الثور ، والتى سجلها الصينيون عام ١٠٥٤ . واليوم ، تظهر التلسكوبات سمحابة متفتحة تعرف باسم سديم السرطان فى موضع الانفجار ، وهى البقايا المتخلفة من موت الذى شوهه من ألف عام تقريبا .

وتشبه المجرة المتوسطة من انفجاره إلى ثلاثة كل قرن ، رغم أنه لم يشاهد فى مجرتنا حادثة كهذه منذ اختراع التلسكوب . على أنه عام ١٩٨٧ شوهه انفجار مستعر أعظم فى سمحابة ماجلان الكبرى ، وهى مجرة صغيرة تابعة لمجرتنا درب التبانة . تشاهد فى النصف الجنوبي من الكرة الأرضية . وقد قسم الحادث للعلماء فرصة ذهبية لاختبار آرائهم عن علم الانفجارات ، وقد وضع النجم المنكوب تحت ملاحظة دقيقة منذ اليوم

الأول للواقعة . ونعم ما في الأمر هو أن المصادفة شوهعت عيانا في يوم الانفجار الأول ، إذ سجلت دقائق من جسيمات النيوتريون في ثلاثة مواضع من الأرض في نفس الوقت ، كانت تجري فيها تجارب لاكتشاف التحلل البروتون . ويأت من المؤكد أنها قادمة من قلب نجم ، وشكل وصولها مع الضوء المثبت منه حال انفجاره دليلا جديرا بسلامة أفكارنا الأساسية عن انفجارات المستعرات العظمى .

ولكن ماذا عن مصير القلب النجمي الذي قدح زناد هذا الانفجار ؟ ان مراقبة سديم السرطان قد كشفت عن نجم نابض في منتصفه . ومن الواضح أن هذا النجم المنتشر بالذات قد آل ال نجم ليوتروني ، ولكن لم يكن من مانع لدى الفلكيين من أن يتحول ال قلب أسود ، بل انهم لمعتقدون أن قدرا لا بأس به من انفجارات المستعرات العظمى قد آلت بالمثل لنفس المصير .

ولو أن مستعرا أعظم آل ال قلب أسود ، فليس من المستحيل الكشف عنه من الأرض . فهو أولا وأخيرا قلب أسود . ولكن كثيرا من النجوم تتزاوج في نظام ثنائي ، ولو آل أحدهما لقلب أسود فسيفر الآخر وكأنه يدور حول لا شيء . وفي كثير من الأحيان يقطب القلب الأسود من مادة زميله ، ثم يبتلعها .

• وبينما هذه الدوامات تشق طريقها ال داخل القلب ، تتولد حرارة عظيمة ، مما يسبب انبعاث اشعاعات كثيفة من أشعة أكس . وعلى ذلك ، فإن علامة طيبة لوجود قلب أسود أن يلاحظ نظام ثنائي ، أحد أطرافه غير مرئي ، ويكون مصفرا قويا لأشعة أكس . وفي نظام كهذا (يعرف باسم الدجاجة Cygnus X-1)^٢ يمكن بمراقبة حركة الجسم المرئي تقدير كتلة الجسم الخفي ، والتأكد من أنه بالمثل قد تجاوز حد النجوم النيوترونية .

وليس ان انفجارات النجوم هي الوسيلة الوحيدة لتكون القلب الأسود . فكما كانت ثلاثة متاحة ، تيسر حدوث الانفجار التجاذبي . فكل سبيل المثال ، قد يتكون قلب أسود من مادة تفصل لبليون شمس ، تكون كتلتها أكبر من كثافة الماء على كوكبنا . وهناك شواهد على وجود قلب أسود بتلك الكتلة في مركز المجرة . وبالتأكيد يوجد هناك جرم مضغوط يمثل أيضا مصفرا للشوشرة الراديوية والاشعاعات الأخرى .

وقد تضم المراكز المجرية تقريبا سوداء ذات أجرام كبيرة ، تكافئ كتلة الشمس بليون مرة . هذه الوحوش تكتشف عن وجودها من وقائع التهامها لما يحيط بها من مادة . ويبلغ من عنف الالتهام أن تنطلق نتيجة له كميات هائلة من الطاقة تحسب بما تنتجسه من مادة تفلت بسرعات عالية ، أو بما تولفه من نبضات قوية من الاشعاعات . وتمثل المجرة م - ٨٢ M82 مثالا طيبا لنظام نشط يحتوي على ثقب أسود هائل .

وتمثل أشياء النجوم ، أو الكوازارات ، طاقة أخرى من الأجرام ، توجد مصاحبة للمجرات المضطربة . فالتغير في ضوئها ينبئ عن أن حجمها لا يزيد عن حجم نظاما الشمس . ولكن الضوء المنبعث منها يوازي مجرة ذات بليون نجم . ولدينا الآن شواهد طيبة على أنها قاطنة مراكز المجرات ، وتطلي أمثلة لأنشطة تشبه النظام (م - ٨٢) . ويمتلك كثير من الفلكيين أن القوة الرئيسية التي تبعد هذا النشاط هي ثقب سوداء طاقة الكتلة منقسمة في غازات دوامية .

وبحكم التعريف ليس لنا أن نرى الثقب السوداء . ولكن يمكننا أن نستنبط من النظريات ما يحدث لفرد يدلف اليه . ويستكشف ما بداخله . والثقب الجرمي للهم الطبيعة الفيزيائية للثقب الأسود هو ما يطلق عليه « الفجوات horizons » ، وبعبارة لفضافة ، هو سطح الثقب . فكل حدث يجري وراء ذلك الأفق ، لا يمكن مشاهدته من الخارج . حيث أنه ما من ضوء أو إشارة أخرى يمكن أن تفلت من الثقب ، كما تنتقل لنا أية معلومة عما يجري بداخله .

ولو قدر لك أن تتخهم شيئا كهذا ، فإن تكون فاصل غير قادر على الانفلات منه ، بل لن تستطيع - كالنجم الذي سبقك الى داخله - أن تمنع نفسك من الاستمرار في الهبوط . أما ما سيحدث لك عند المركز ، فليس لأحد علم يقيني به . فطبقا للنسبية العامة ، يوجد ما يسمى « مفردة singularity » هناك . حد من الزمن والمكان شغل عنه النجم الأصل (وكل ما ابتلعه) آل تركيز لا نهائي تحطمت عنده كل قوانين الفيزياء . ومن المحتمل أن تأثيرات الكم تجعل الزمكان شيئا غير محدد الملامح عند القرب جدا من المركز . حيث تصبح المفردة علامة على مستوى مسافة بلاك الهالفة 10^{-34} من المتر . عند هذه المرحلة لا توجد لدينا نظرية ترشدنا . وليس من الحكمة أن نحاول أن نستكشف بأنفسنا أن أو نرسل إنسانا كليا . فالجاذبية الهائلة لدى المركز تتزايد الى قيمة لانهاية .

الأمر الذي يتسخط عن تأثيرين . إذا ما كان نزولك من جهة قمميك . فستكون الجاذبية عليها أشد منها على رأسك الأبعد من المركز ، وفي هذه الحالة ستسقط طوليا أكثر وأكثر ، في الوقت الذي تزداد فيه تعاقبة بسبب الضغط على جانبيك . وفي تهساية هذه « المكرونة الإسباجيتية Spaghetification » سوف تسحق إلى الفناء (لو تضيق في غموض عم يلفن الكم) . وسوف يحسنت كل ذلك في كسر من الثانية قبل وصولك للمفردة . ولذا فلن يقدر لك أن تراها دون أن تكون جزءا منها بلا رجعة .

على أن الأمر سيبدو مغالفا لذلك بالمرّة للشخص الذي يراقبك من الخارج . فالجاذبية لا تلوي اللفضاء فقط ، بل أيضا الزمن . فبالقرب من نجم نيوتروني يكون هذا التأثير ملحوسا . وقد اكتشف بالفعل في إشعاع النجوم النابضات . فمع القترابك لأفق الحدث لتثقب أسود ، يطول بك الزمن أكثر وأكثر بالنسبة لمراقبك لك على الأبعد . ومع ذلك ، فإن من يصير ذلك الأفق لن يرى شيئا غير عادي . فأنق الحدث ليس له تميز مكاني . رغم كونه يمثل حدودا لانتواء لا نهائي للزمن . فبالنسبة لمراقبك خارجي ، سيبدو الأمر مستغرقا زمنا لانهايا خلال القترابك من أفق الحدث . بمعنى أن الزمن من — منظور معين — سيبدو كما لو كان متوقفا بالنسبة لزمّن المراقبك على الأبعد . وعلى ذلك ، فما يحدث لك داخل الثقب سيكون في المستقبل اللانهائي للكون الخارجي .

ولذلك السبب تميز الرحلة إلى داخل الثقب الأسود رحلة ذههاب بلا عودة . فدخلوك الثقب ثم خروجك منه سيمضي أن المراقب الخارجي سيراك خارجا قبل أن تدخل . بمعنى آخر ، ستكون قد رحلت في زمن معكوس . وليس لهذه النتيجة أن تسبب دهشة ، فالخروج من الثقب يعني الانتقال بأسرع من سرعة الضوء . وهذا كما رأينا يعني رحلة في زمن معكوس .

لذا كان الشيء الذي يسقط في الثقب لا يمكنه الخروج مرة أخرى ، لماذا يحدث له ؟ وكما قلنا ، أي شيء يقابل المفردة يواجه الفناء ، فهو يختفى من الوجود . فكرة مستديرة تماما من المادة ، حين تنهار لتصبح ثلجا أسود . ستتقلص في اتجاه المركز ، وستنضغط المادة إلى مفردة . ولكن ماذا لو أن الجسم لم يكن كرة كاملة الاستدارة ؟ كل الأجرام الذككية المرولة تدور بسرعات مختلفة ، وحين تزداد سرعتها مع تقلصها تفرطح

عند خط استوائها • هذا التشوه لن يمنع المفردة من التكون ، ولكنه يعني أنها لن تشمل كافة أجزاء النجم •

وقد درست نماذج متتالية لثقوب سوداء مشحونة ودوارة ، لمعرفة أين تتكون المفردة منها ، وما مصير المادة الداخلة فيها . وقد بينت المراسلات أن الثقوب السوداء تمثل جسرا ، أو نفقا في الزمكان ، بين كوننا وكون آخر غير ممكن وصوله من كوننا • هذه النتيجة المزعجة ناتجة عن التصور لرحالة فضائي جسر يمر خلال الثقب غير مصاب بأي ، ليجد نفسه في كون آخر ، في مكان ما من مستقبلها النهائي • ولو تم له ذلك فلن يستبعد أن يستطيع العودة إلى نقطة بدايته من الثقب الأسود ، ليجري النطق مرة أخرى •

ولكن عبوره النطق من الكون الجديد لن يحميه لكوننا ، بل لكون ثالث ، وهكذا بلا نهاية • فالثقب الأسود الدوار مرتبط بسلسلة لانهاية من الأكوان ، يمثل كل منها زمكانا متكاملا قد يكون ذا امتداد لانهاية ، كلها مرتبطة بدخل الثقب • وإن تصور استخلاص أية فكرة تطبيقية من هذه الأفكار ، فهو أمر يستحسن تركه لكتاب الخيال العلمي •

ما الذي يبدو عليه الطرف الآخر من الثقب الأسود لمراقب من الكون الآخر ؟ طبقا لأبسط النماذج الرياضية ، فإن المشاهد س يرى ذلك الشيء مصدرا لمادة منبعثة ، خلق انفجاري للمادة ، يسمى غالبا « ثقباً أبيض » White hole ، وكوننا على الأشياء المتفجرة ، كالكوازارات ، وهو ما أثار تصور أن تكون هناك اتفاق زمكانية تتسرب منها المادة لكوننا قائمة من كون آخر • على أن الذين يحصلون هذه الأفكار محصل الجهد من علماء فيزياء الكون قليل عددهم • وعلى وجه الخصوص ، فهم يبينون أن النماذج الرياضية المبسطة تتجاهل تأثير ما يحيط بالثقب من مادة واتساع ، واحتمال احتصاصها لدخول الثقب الأبيض بفعل الجاذبية ، لتحوله لثقب أسود • كما أن النماذج المبسطة تتجاهل تأثير الفيزياء دون الذرية • بالنماذج الأكثر تطورا ، تبين أن هذه التأثيرات تثير من الاضطرابات داخل الثقب ما يحطم الاتفاق الزمكانية التي تربطنا بالأكوان المقترضة • والرائي العام لدى الجميع أن المادة المقتحمة لثقب أسود سوف يكون مآلها المفردة أو بشكل بآخر •

فماذا لو أن التأثيرات الكمية ألغت المفردة بشكل أو بآخر ؟ للأسف ، ليس تحت أيدينا نظرية كم متكاملة عن الجاذبية ، فليس في استطاعتنا أن نصنع نموذجاً موثقاً به لذلك الفرض . فالفناء المفردة كلية أمر غير مؤكد . ويتوقع بعض العلماء أن تكون الحالة كذلك ، بينما يتجه البعض الآخر إلى أن المفهوم المتعلق بالزمن والمكان في حد ذاته أن يستمر سارياً تحت تلك الظروف المتطرفة . لما ما يمكن أن يحل محلها بالضغط فامر متروك للتفكير . وعلى ذلك ، فمن الأسوأ النظر للمفردة على أنها نهاية للفيزياء كما نعرفها ، وليس لكل أشكال الفيزياء .

ثقوب الديدان والسفر عبر الزمن

لقد كانت الفكرة المثالية عن ثقب أسود يسمح بالنقل بين الكون معروفة لأكثر من عشرين عاماً ، نظراً لمفهوم الاتفاق كتركيبة رياضية خالية من أي مضمون فيزيائي . وعند عدة سنوات ، كتب الفيزيائي الأمريكي رواية خيال علمي أسماها « الاتصال connection » ، من مجتمع متقدم استطاع بناء نفق للعبور السريع بين أجزاء الكون . ولكن يسطي روايته شكلاً مقبلاً ، فقد سأل مشورة خبير في الثقوب السوداء ، الفيزيائي الكوني كيب ثورن Kip Thorne . وتحت تأثير الإعجاب بالفكرة ، فقد ناقشها كيب مع زملائه ، بنية مرحلة المستحدثات الفيزيائية التي تحول دون تطبيقها . واتضح أن لها جانباً جدياً أيضاً .

لقد افترضت الحسابات السابقة عن انغلاق الثقوب السوداء ، افتراضات معينة من طبيعة المادة . وقد افترض على وجه الخصوص ، بمادة مضغوطة ، أن المادة تتسبب على اللولم في قوة جاذبة . ولكننا رأينا في الفصل الخامس أن تأثيرات الكم يمكن تحت ظروف معينة أن تنتج جاذبية مضادة . فلو أن هذه الظروف أُعيد تطبيقها على مثلث الثقب ، فقد تتحقق إمكانية جعل الرحلة عبره ذهاباً وإياباً .

ومفتاح الجاذبية المضادة هو إنتاج ضغط سالب بوسيلة أو بأخرى . واتجه فريق كيب إلى تأثير كاسيمير (راجع الفصل الخامس) للحصول على ذلك . فهم يفترضون لتحويل زوجين عاكسين متقاربين بفرد كبير . ولتفادي اقتراب اللوحين لدرجة التماس ، تحت تأثير كاسيمير ، فقد زود اللوحان بشحنتين تولدان تنافراً يعادل بالضغط قوة التجاذب بينهما . وقد تصور الباحثون وضع تجهيز كهذا في مثلث النفق الفضائي .

وقد بينت الحسابات أن مصادلات المجال التجاذبي كما وضعها أينشتاين متحققة في تركيب كهذا ، وأن الجاذبية المضادة المطلوبة هي بالضبط ما يتفادى التناق من الانهيار الى المفردة . وأصبح بذلك تسلسل التناق ومخرجه ليسا لتقف أسود بالضبط ، ولكن لجرد منطقة ذات قوة جاذبية هائلة يمكن للمسافر التخيل أن يسيرها جيئة وذهابا دون خشية أن يبتلع للأبد .

وكتمثيل مبسط لما يمكن أن يحدث ، تخيل نفسك مسافرا من الجلترا الى أستراليا . فبسبب انحناء سطح الأرض ، ستكون مضطرا الى السير في قوس معين . ولكن لو أمكنك تقب نفق عبر الكرة الأرضية ، فسيتحقق لك الكثير من توفير وقت الرحلة .

ومن السهل تصور كيف يمكن للأطراف المصاحبة للثقب السوداء أن تكون بدور مشابه عبر انحناء الزمكان (الشكل ٤١) . وكالمادة أمثل الزمكان بصفحة من الورق مطوية كما في الشكل . فلو أنك تمكنت من وصل سطحي الورقة بمد عليها عبر البعد الثالث ، فإنه يكون بإمكانك التنقل بين السطحين دون أن تكون مضطرا للعبوران (٣) . هذا التواصل عبر مناطق من نفس الزمكان يعرف لدى أرباب النسبية باسم ثقب الديدان Worm holes . وأي شيء نتصوره حادنا لصفحة من ورق ثنائية الأبعاد عبر بعد ثالث ، يمكن رياضيا امتداده للزمكان الرياضي عبر أبعاد أعلى . فلو أن التقاطعين متباعدتان بسنة ضوئية ، فإنه يستحيل قطع تلك المسافة في أقل من سنة ، أما بالعبور خلال ثقب دودي ، يمكن لأشياء . أو ربما شخصي ، أن يحقق ذلك .



الشكل (٤١) ثقب دودي يربط منطقتين متباعدتين في الفضاء . ويحقق السفر عبر الثقب للدودي المستمر في الرحلة .

والآن لتصور أن الزمكان المطوى قد أعيد فردة مرة أخرى ، مع انحفاظ على الثقب ممتدا بين النقطتين . سيكون الوضع في هذه الحالة أقل إثارة ، حيث إن المسافة بين النقطتين عبر الزمكان المبرود ستكون أقل منها عبر النفق الذي سيكون هو المتعنى ، مما يجعل الانتقال خلاله أطول وقتاً .

على أن الموقف ليس بالضرورة كذلك ، لأن المكان والزمن يتصرفان بصورة غير تقليدية عبر الثقب الدودي . فعلى الرغم من كون الزمكان الأصلي هو المسطح (أو تقريباً كذلك) والثقب هو القلوس ، فإن الاحتمال قائم أن يعبر المسافر بين النقطتين في طرفة عين ، مهما كانت المسافة بينهما عبر الكون .

ورغم أن التصورات التي تبخضت عن دراسات فريق كيم تذهب بالب ، فإن وجه الفراسة فيها ليس في السفر عبر الفضاء في الواقع ، بل عبر الزمن . لقد ذكرنا أن السفر أسرع من الضوء يعني السير مكموساً في الزمن . فالانتقال من النقطة (أ) إلى النقطة (ب) عبر ثقب دودي معناه الوصول للنقطة (ب) قبل وصول الضوء من (أ) إليها . فعلى سبيل المثال ، يمثل الانتقال من الأرض إلى مركز المجرة لحظةياً عبر نفق دودي أن يكون المرء سابقاً على وصول الضوء من الأرض بثلاثين ألف سنة عبر طريق الكون . وليس معنى ذلك الانتقال إلى ثلاثين سنة في الماضي ، ولكن تمديداً بسيطاً في الواقع يجعل السفر عبر الزمن ممكناً .

والتمديد الضروري يشمل في أن تثبت فتحة من فتحة الثقب ، وتجعل الأخرى متحركة بما يقارب سرعة الضوء . فإذا ما أوقفت الفتحة المتحركة ، ثم أعيدت إلى قرب مقول من الساكنة ، فإن فرقاً زمنياً يكون قد خلق بين الفتحتين . وهذه نتيجة مباشرة من تأثير التوسع ، حقيقة أن الساعة المتحركة تسير أبطأ ، وهي إحدى النتائج الهامة للنسبية الخاصة . كما قدمنا في الفصل الثالث . فسوف يكون الزمن مقبساً ساعة عند الفتحة الثابتة ، أطول مما سجلته ساعة تحركت مع الفتحة المتحركة . ولذا ، فيمكن القول إن الفتحة المتحركة ستكون في الزمن الماضي بالنسبة للثابتة . ولكن الحاضر ، بالنسبة لأي شخص مسافر عبر الثقب الدودي ، يكون دائماً هو اللحظة التي عند الفتحة التي دخل منها . وفي حالة دخول شخص من الفتحة التي تحركت ، ويطرفى وجود الفتحتين على بعد مناسب ، فسيتكون خروجيه من الفتحة الثابتة قبل لحظة الدخول . ومعنى ذلك أن الرحيل بجثة ودعاًياً بين الفتحتين يجعل المرء يتوغل أكثر

فأكثر في الماضي . ولكنك لن تستطيع أن تتوغل بأبعد من اللحظة التي بدأت فيها الفتحة للتحركة ، وبدأ فيها استنفار ظاهرة حد الزمن .

ومن غير التأثير للمعشة أن نفيه إلى أن هذا المرض على - بالمعايير - وأسمها متعلق بأهم عامل في الأمر ، المسطحان العاكسان اللذان سيثيران تأثير كاسيمير . فمن المهم ألا تخلق مادتهما جاذبية تفوق الجاذبية المضادة التي يثيرانها . ومن الصعب تصور كيفية تحقيق ذلك . وبالإضافة إلى ذلك يجب التفكير في وسيلة بحيث لا يمثل الانتقال عبر اللوحين (الباب السحري ؟) بالتوازن الحقيقي للنظام . وتتمثل مشكلة أخرى بكيفية تحريك الفتحة المتحركة ، فهي ليست من مادة يمكن إمساكها وجرحها ، بل هي من الفضاء (ولأن كان منحنيًا) . فيجب التفكير في شيء من قوة جاذبية أو كهربية تحقق ذلك ، مع الأخذ في الاعتبار هضم تقلص قطر النقب إلى الصفر خلال عملية تحريك الفتحة ذهابًا وعودة . وبصرف النظر عن كل ذلك ، فهناك مشكلة خلق النقب المزدوي ذاته .

نريد الآن التركيز على أنه ليست أي من صور تلك الثغوب المقترحة مأخوذة مأخذ الجهد . فهي من قبيل التجارب اللحظية . فالوقت التلقائي هو أن السفر عبر الزمن مطلوب لأية عملية فيزيائية مهما كانت . لا نرى إلا لاستنفار النظم الفيزيائية .

تصور أن مسافرا عبر الزمن قد رحل إلى زمن طفولة جدته . وقتلها . وبقتلها وهي طفلة . لن يكون هو موجودا ، فيستحيل أن يقوم بفعله . مثل هذا التناقض الداخلي يستدعي أن نتصور ضرورة قانون فيزيائي يحتم أن يوجد رابطة سببية متصلة للعمليات الفيزيائية ، بحيث يحال دون قتل قتل الجدة بأن يتمطل المسلسل مثلا . أو أن يتضح أنه كان ابنا بالتبني . أو أية وسيلة أخرى . ولكن لو كنت مقتنعا في الإكوان المتعددة . فيمكنك تصور عمليات لا تؤثر على ماضي نفس الكون . بل على كون قريب منه .

وهما كان وجه الشرابة في تجارب الأحاب والمودة هذه . فانه من الواجب التفكير في السؤال ، هل قوانين الفيزياء فقط هي التي تحول دون السفر عبر الزمن ، أم أن قواعد أخرى تساهم في ذلك الحظر . لقد كان هذا هو الدافع الحقيقي لسمل ثورن ورفاقه .

ولكن موضوع ثغوب الديدان هو محل أبحاث حاليا من قبل فرق بحث أخرى . لكن ليس من وجهة نظر السفر الخيالية عبر الزمن . فقد

تركز الاهتمام بدلاً من ذلك على تقارب الديفيول الميكروسكوبية التي عرضنا لها بايجاز في الفصل الخامس . تلك التي تحدث بصفة طبيعية خلال الزبد الزمكاني . فكما أن الاضطرابات في الفراغ تخلق فوتونات وقتية ، فهي على نطاق أشد صغرًا تخلق (تقديرياً) ثقباً دينامياً لحظياً .

وحجم ثقب منها يبلغ جزءاً من 10^{-20} من حجم نواة الذرة . وعلى ذلك ، فعلى المستوى الميكروسكوبي الفائق ، سيتحول الفراغ إلى متاحة من تلك التراكيب ، مسوغة أن يطلق على طوبوغرافيته ثقب الزبد . ويتجاوز كبير ، يصنف النسبيون هذه الأفعال بأنها ثقب ديفيول « ميكروسكوبية » .

ويغترض الفيلسوفون بزيادة الزمن أنه لو أمكن الاستدراك بواحدة من تلك الثقوب الميكروسكوبية وتمديدتها إلى أن تصبح بأبعاد مرئية ، فإنها يمكن أن تستخدم كآلات للزمن . ويقترحون أن الكون من حولنا على مثال هذه الآلات الزمنية المعلقة والوقتية ، ولا تحتاج إلا للتمكن من استقلالها . ولكن الاستدراك ينقلب منها ، ومنه لأبعاد مرئية ، ناهيك عن منعها من التمدد ، كلها أمور تجعل منها ، كما نكرر دائماً ، غالية من مضمون واقعي . ولكن الأمر الجني هو احتمال أن تمدنا أبحاث الثقوب الدينامية التقديرية بإرشاد من موضوع غاية في الأهمية في الفيزياء الحديثة .

ما وزن الفضة الفلزي

إن فكرة أن يكون للفضاء وزن هي في حد ذاتها مستغربة . وقد تبين بلا ممتني . كيف يمكن أن يكون « الشيء » ذا وزن ما . علينا أن نفهم جيداً أن الفضاء هو أبعد ما يكون من « شيء » . فحتى حين يفرغ مكان ما من كل صور المادة ، فسيظل مرتباً للجسيمات التقديرية التي تخلفها تأثيرات الكم . تهبط للفراغ من حولها طاقة وضغطاً ، والطاقة لها كتلة تصعب من معادلة أينشتاين $E = mc^2$ ، حيث c هي سرعة الضوء . هذه الكتلة يتوقع لها أن تكون ذات جاذبية .

لكن للأسف لا تكون حسية الوزن في صورة وضع صندوق فارغ ووزنه . فالفضاء يعيط بنا ، وإذا كانت له جاذبية فستكون متساوية من كل الاتجاهات . والشيء الوحيد الذي يبدو فيه أثر تلك الجاذبية هو حركة الكون ككل . وقد بينا في الفصل الخامس كيف أن طاقة الفراغ التقديرية تخلق جاذبية مضادة ، وليست عادية ، حيث أن الضغط الخاص به لها ضغط سالب . وطبقاً للتصور التشعبي ، فإن « الوزن السالب »

للفضاء هو ما تسبب في الفترة الضئيلة ، لكن العنيفة ، من تمدد الكون في مرحلة نشوئه المبكرة .

وفي نهاية المرحلة التضخمية ، كان وزن الفضاء بصفة أساسية صفرا . ومع ذلك فقد أجريت محاولات للكشف عن أي تأثير ضئيل قد يكون مختلفا عن تلك المرحلة الآن . فلو أن وزن الفضاء ظل أكثر من الصفر بمقدار مهما كانت ضآلته ، لكان ذلك مبينا في الطريقة التي بها تمدد الكون ، في مواجهة الجاذبية للسادة المادية التي تحاول إبطاء ذلك التمدد .

وحسب الآن لم يكتشف تأثير من هذا القبيل . ويمكن وضع حد لما يمكن أن يكون عليه وزن الفضاء . والرقم ضئيل بقدر لا يتصوره عقل ، 10^{-100} من الوزن الذي كان سائما وقت التضخم ، وهو ما يفري باعتبار وزن الفضاء الآن صفرا حقا . ولكن هذه النتيجة تؤدي بنا إلى موقف متناقض . فمن نتوقع أن تكون طاقة الفضاء الكمي عالية جدا . وعلى ذلك فمن أمام وضع يوحي بأن تكون المرحلة التضخمية هي الجبري الطبيعي للأمور ، بينما حالة الوزن القريب من الصفر للفضاء اليوم هي السائدة ، بل قد تكون « من وحي الخيال » .

لماذا من وحي الخيال ؟ تبدو دقة التعبير من محاولة لهم كيميائية أن تكون النتيجة الحالية بهذا الصفر . إن طاقة فضاء الكم قد تكون في الواقع موجبة أو سالبة ، طبقا لطبيعة المجال . ولو أن الطبيعة نظمت الطاقات الموجبة والسالبة بحيث تتلاشى ، فإن النتيجة تكون صفرا . ولكن ذلك يتطلب عملية أسلاك دوائر دقيقة للغاية على المستوى الكوني . ولما كان من غير المحتمل أن يحدث ذلك اعتباطا ، فإن الادعى للمنطق أن تصور ميكانيزم مبينا يجبر وزن الفضاء على أن يكون صفرا .

من هذا المدخل تظهر فكرة تقوب الديتان في الصورة . لأحد المجالات التي تساهم فيها طاقة فراغ الكم هو المجال التبادلي ، والذي تسبب الاضطرابات الكمية فيه ليس فقط في خلق تقوب ديدين وليدة ، ولكن تشوهات أخرى في هندسة الزمكان . بعض من تلك التشوهات تكون على شكل « كون وليد » متكامل ، مرتبط بمكاننا بواسطة تقب. دودي ، كما لو كان حبالا سريرا . كل ذلك يحدث على مستوى ميكروسكوبي بالغ الصغر . وعلى المرء أن يتخيل تلك التلويحات في اضطراب دائم . آسيانا تنفصل عن كوننا حين ينقطع الحبل السرى ، وأحيانا أخرى تنضم ثانية في زمكاننا حين تغيب تأثيرات الكم .

والتأثير التراكمي لذلك هو تليف كوننا بشيء أشبه بفقايع غازية من فضاءات دقيقة في حركة دائية ، كل فقايع هي في الواقع كون متكامل من فضاء وزمن ، أشبه بصورة الأكوان المتوازية التي عرضنا لها سابقا . وترتبط هذه الفقايع بكوننا بالثقوب الديدانية ، وكما قمنا ببلع قطرها جزءا ضئيلا من قطر نواة النواة ، ومن ثم لا يمكن رؤيتها مباشرة .

كيف يؤثر ذلك في طبيعة الفراغ ؟ لقد قام ستيفن هوكينج من كامبريدج وسدني كورلان من هارفارد بحصة حساب تأثير تلك المتاحة الفظيمة من الزيد على وزن الفضاء المنتشرة به . وقد اعتبرت حساباتهم على مبدأ عام من مبادئ الفيزياء يطلق عليه مبدأ الفعل الأقل *the least action* وعلوه أنه ما من تغيير يحدث الا ويكون بحيث يستهلك أقل مجهود . فكرة الملياردو مثلا تسلك الخط المستقيم ، ولا تبعد نفسها في السير في طريق متعرج ما لم تؤثر عليها قوة تجبرها على ذلك . هذا المبدأ المتعلق بالكمس من الطبيعة حين يطبق على تذبذبات الثقوب الدودية يعني أن الأكوان الوليدة ذات الطاقة الأقل هي المفضلة من ذات الطاقات الأعلى ، وأكثرها تبعدا هي ذات الطاقة الصفرية ، وعلى ذلك فالمتوسط المتوقع لطاقة الفراغ الكمي تكون قريبة من الصفر ، وهذه القيمة تشغل كوننا من آلاف الأكوان الوليدة التي ترتبط معه .

ولو صحت هذه الحسابات ، لسنكون قد وصلنا الى نتيجة غريبة ، فتوقمنا الساذج بأن وزن الفضاء صفر قد اضحى صحته ، لكن ليس للسبب الذي دار بخلدنا . فالسبب ليس له علاقة بالخواء ، ذلك لأنه حتى الفراغ الخاوي متاجع بالنشاط الكمي . أما انعدام الوزن فبسبب الزمكانات الطفيلية التي تلتصق بكوننا عن طريق الثقوب الديدانية ، والتي نولاحا لشعاعي كوننا .

إن الموضوع ، ذا الوزن ، الذي أترناه في القسم السابق ليبيّن بجلال مرة أخرى كيف تم تجاوز النمط الفكري النيوتوني ، ذلك أنه في انظار الأنظمة الكونية اضحى أن دور المادة هامشي ، وأن النشاط الأساسي يأتي من قبل أقل كينونات لامادية متصورة . غشاء من ثقوب الكم الدودية اللطيفة ، ليست سوى زيد من الفضاء الخاوي تتشكل على هيئة أنفاق ، وعقد ، وجسود نصف حقيقية . وانه فقط بسبب من الخواص المتميزة لهذا الزيد يمكن للمادة أن تمارس تأثيرها في الكون ، ذلك لأنه لو كان وزن الفضاء ليس قريباً من الصفر بدرجة لا تصفق ، لكانت طاقة الكم للفراغ هي المسيطرة على ديناميكية الكون ، وليست الجاذبية .

في الفصول السابقة بينا كيف أن ثورة الكم والنسبية غيرتا من صورة الطبيعة من ساعة منسجمة إلى شيء أكثر عمقا وخفاء . ولكن هذا التغيير لا يذكر بجوار تأثير ثورة المعلوماتية الجديدة . لقد سبق وذكرنا في الفصل الثاني أن نظرة العلماء للكون الفيزيائي ، تميل لتكون بدرجة أقل ناقلة كمجموعة من التروس الميكانيكية ، وبدرجة أكثر كنظام لمعالجة المعلومات . لقد ولى عهد جسيمات المادة الصماء ، ليحل محلها « بنات البتة » (١) المعلومات . هذه هي الصورة النموذجية التي تبرز للكون ، نظام معقد يحتل فيه العقل والدكاء المعلومات مكانا أسسى من المكونات المادية . لقد آن الأوان لتتغير نظرة على الحياة ، والعقل ، والدكاء ، ليس بالمعنى البشرى الطيق ، بل في مضمار كوني .

هوامش الفصل التاسع

- (١) تسمى الشبكات الفكرية « حد شاتنرا سينتار » وهي قبيل بالتمديد أيا مرة
 بعد كلمة الشمس . وقد حاز شاتنرا سينتار على جائزة نوبل عام ١٩٨٢ - (لترجم) .
 (٢) حرف من أو لا . يعني أنه مسبق للأشياء المجرى - (لترجم) .
 (٣) ولما أخذت منه البركة في الاختبار ، فسكون تلك رسوم حتى كتب خلاله
 لتفسير مسألة المهور من أمد الآوجه للوجه الآخر .
 (٤) البت (أو البتة) هي وحدة المعلومات في علم الحاسوب ، وهي مشتقة من
 binary digit . بمعنى « رقم ثنائي » - (لترجم) .

الفصل العاشر

الكون الحي

اعتقدت ثقافات عديدة أن الكون كائن حي . فآرسطو المعروف بشدقه الصيقل بالبيولوجيا ، كان متأثرا بحقيقة أن الكائنات الحية تحفز بأهداف محددة ، بحيث تشكل أفعالها جزءا من خطة موجهة نحو هدف سابق التحديد . فعمل سبيل المثال . حين نرى طائرا يبني عشاً ، يكون من الواضح أن لهذا الفعل علاقة بوضع البيض والعناية بالصغار . وكونه واعيا لما يفعله أمر خلافي . ولكن بالتأكيد ليست أفعاله عشوائية ، فهي لا تفسر إلا على ضوء الهدف النهائي .

ومن الغريب أن نعزى ما يحدث في دنيا الكائنات الحية إلى الطبيعة ككل . وكثيرا ما يستخفم الناس لغة توحى بالهدف مجازا . فنقول « يبحث الماء عن الوصول لمستواه » أو « يحاول الجو التحسن » . وفكرة كون المادة مختصرا به حيلة . بدلا من كونها شيئا أصم تتداعله القوى السماوية . يرجع إلى شيء كامن في تكويننا .

لاحظ كيف أن الأطفال يتقبلون قصصا تشخص فيها الجوامد مثل القطارات والسيارات وحتى الجبال والسحب . ككائنات حية ذات شخصيات ومشاعر . وطبقا لما ذهب إليه آرسطو ، فالكون بأسره يمثل كائنا حيا عاكسا . يتجه نحو هدف كوني معين . هذا المذهب يعرف بالذاتية teleology (١) ، وهو يرى أن كل عملية من عمليات الطبيعة موجهة نحو غاية معينة .

ومع بزوغ شمس العلم الحديث ، وخصوصا الإطار الفكرى لنيوتن، هجر المذهب القائل (على الأقل فى غير البيولوجى) واستبدل به مفهوم الساعة الكونية . ومع ذلك ، ظفى أكثر الأزمات المخافة فى الآلة والمنطق المجرد ، ما فتئت بعض الأفكار الثقيلة تطل برأسها لتمس وترا لدى قطاع عريض من الناس فى المصور الحديثة ، تنبع من مفهوم هـلـكـه (٢) ، المفهوم الذى يفترض أن الأرض ذاتها ، من منظور معين ، يمكن أن ينظر إليها ككائن حى ذى وحدة واحدة .

وليس من موضوع يتعارض مع هذا النمط من التفكير أكثر من لغز الحياة . فمن الوجبة الآلية الصرفة ، فإن الكائنات الحية ليست إلا آلات، وإن كانت آلات مذهلة التعقيد . كما نظر لتطور الحياة بنفس المنطق كصورة من صور الآلية ، ولكن أضيف لها عنصر خلق خلال التفجرات المفصولة . ويقبل أغلب البيولوجيين أنه ما أن دبت الحياة ، حتى أصبح التأثير الجينى العشوائى والانتخاب الطبيعى كليلين وحدهما بالوصول بها إلى كائنة الصور التى صارت إليها . أما فيما يخص بأصل الحياة ، فالمشكلة أقدم . ومن المفترض على نطاق واسع أن احتمال العمليات الفيزيائية المعقدة التى أدت إلى ظهور أول كائن حى ضئيل للغاية ، أنها على أى الأحوال معاملة بالأسرار . ومن هذا المنظور يمكن أن تعتبر مقصورة على الأرض ، حيث أنه من غير المحتمل أن تكون قد تكررت فى أماكن أخرى .

وعلى النقيض من هذه الفلسفة ، تنحى الآراء الحديثة إلى الاعتراف بالقدرة الخلاقة والتطورية لأغلب العمليات الفيزيائية . فالمحدود الفاصلة بين ما هو حى وما هو غير حى لا يمكن أن تكون قاطعة . وأصل الحياة ليس إلا خطوة (وإن كانت ذات خطر) فى طريق تطور المادة نحو التعقيد والارتفاع فى التنظيم . ولو كان للطاقة والمادة خصيصا نزوع كائنة للتنظيم الذاتى ، فإن الاحتمال يكون قائما على الدوام لتكرار ظاهرة الحياة مرات ومرات ، طالما توافرت الظروف الملائمة . وفى هذه الحالة فيمكننا تصور حياة فى كواكب أخرى ، بل وصور عاقلة منها . وسوف يعتبر اكتشاف الحياة فى مكان ما من الكون دعامة قوية لمنطق ما بهد الآلية ، على أن يتبنت طبعا أن هذه الحياة « الغريبة » قد نشأت حقا على استقلال .

وقد مكنت التطورات الحديثة فى علوم الفضاء من وضع أول خطة منهجية بدائية للبحث عن الحياة خارج الأرض . وتمثل المواضيع المثارة

أهمية بالغة لتشكيل نظرتنا لأنفسنا وللحياة الطبيعية من حولنا ، كما أنها ذات مؤشرات مباشرة لحاجتنا لأطر جديدة للتفكير . ولكن قبل أن نبدا البحث ، علينا أولا أن نعرف جيدا ما الذي نبحث عنه ، ما الحياة حقاً ؟

ما الحياة ؟

لا تمثل الحياة صعوبة في التعرف عليها حين نلتقي بها على الأرض . فائناس ، والفيران ، والفطريات ، والميكروبات ، هي كائنات حية بلا جدال . ولكن ، ما الخصائص المشتركة لها جميعاً ؟ إن الخصائص المتشابهة عليها للحياة هي القدرة على التكاثر ، والاستجابة للمؤثرات ، والنمو . والمشكلة أن كثيراً من النظم غير الحية تشترك مع الحية في بعض من هذه الخصائص (٢) . فالنيران تتكاثر ، والبلورات تنمو وتتكاثر ، والمقاييع تتراجع حين تقترب منها ، مستجيبة للمؤثرات الخارجية .

والأكثر من ذلك ، فائنا ما أن نهبط إلى مستويات أدنى من مستوى الحياة العادية ، بما يتجاوز حواسنا ، خاصة البصر واللمس ، يزداد الفرق بين ما هو حي وما هو غير حي غيوضاً . ولمثل التقليدي لذلك هو الفيروس . فعلى الرغم من حقيقة أن الأمراض الفيروسية تتضمن نشاطاً بيولوجياً واضحاً ، فإن الفيروس نفسه لا يطلق شيئاً من الخواص المذكورة . فهي لا تتكاثر بنفسها ، ولا يمكنها غيرها من الفيروسات . فالفيروس لا يتكاثر إلا على حساب الأنشطة البيولوجية لما يفزوه من خلايا . وبمعنى آخر ، فهو يحول تلك الخلايا إلى خط إنتاج لصاحبه . ومن هذا المنطلق يمكن اعتبار الخلية التي غرقت لم تعد حية ، حيث أنها فقدت القدرة على التكاثر . ولكن الفيروس المنعزل لا يزيد من ذرة رمد ، لا يختلف كثيراً في خواصها عن غيرها من المواد العارية من مقفلة حيوية .

هذه الصعاب تضطرننا إلى اللجوء لتعريف أكثر عملياً . بالتاكيد لا بد من وجود درجة عالية من التنظيم ، وربما يجب بنا أن نتحول بالمرّة من التفكير في الكائنات الحية منفردة ، ونوجه اهتمامنا للتأثيرات المتبادلة للأشكال المختلفة للكائنات الحية في مجموعها . وعلى الأرض ، يسمى ذلك المجال « المجال الحيوي biosphere » . فمن المشكوك فيه أن يمكن كائن حي من المعيشة في انزعال على سطح الأرض ، أنها الشبكة في مجموعها هي التي لها الصيغة الحيوية .

وسعيدنا ذلك ، من طريق آخر ، للمفهوم الغلائي لتعدد صور الحياة على الأرض كمتناسر لكائن حي واحد ، وهو جوهر فرضية Gaia ، وننسب الفكرة الى جيم لوفلوك Jim Lovelock ، وأثارت على التو جدلا حادا بين البيولوجيين والبيثيين ، ولكنها أخذت في يسطر القطاعات شكل الفرضية ، أحيانا في تزيين لم يقل به لوفلوك نفسه ، وليس المقام بكاف لعرض تفصيل لهذا الجدل ، ولكننا نريد بالفعل أن نبين أن مفهوم Gaia يقع موقعا طبيعيا من مفهوم التحد ذاتي التنظيم ، ليس هذا فقط ، لو أن أشكال الحياة على الأرض قد نظر لها كمتناسر لنظام واحد أكثر تعقيدا ، سواء أطلق عليه « المجال الحيوي » أو Gaia ، فإنه من المتصور أنه خلال التطور المستقبلي للكون قد يزداد التحد ليشمل ليس فقط الكواكب المنفردة ، ولكن نظاما متكاملة من النجوم ، وفي النهاية ، لو سنجح الوقت ، مجرات كاملة ، في شبكة حية من التبادل الكوني ، ولكن ذلك يقع في المستقبل القصى ، واهتمامنا منصوب على الطرف الآخر من السلسلة ، كيف نشأت الحياة على الأرض ؟

منذ عهد داروين ، والبيولوجيون تحت سيطرة مفهوم التطور التدريجي ، فمن التسجيلات الأحفورية يمكن أن يستنتج أن الظروف الراضية للمجال الحيوي هو حاصل خطوات لا حصر لها نحو درجات أكبر من التحد ، والتكيف ، والرفق ، فمثل سبيل المثال ، منذ خمسمائة مليون عام لم يكن هناك أى شكل من أشكال الحياة على وجه الأرض ، ومنذ مائتي مليون عام لم تكن هناك كائنات ذات هياكل ففري ، وأقدم حفرة تضم أبسط صور الحياة البحرية ترجع لثلاثة بلايين ونصف البليون من الأعوام ، وبالنظر لهذا التطور من البساطة والتعقيد ، مع وجود الفيروسات التي تمثل الجسر بين ما هو حي وما هو غير حي ، فمن المفري أن نتصور أن أصل الحياة على الأرض لم يكن بدوره الا خطوة من تطور أشمل ، جزء من التطور الذاتي للكون ، وعلى ذلك ، فهل كان من الممكن أن تخلق الحياة من الكيمائيات غير الحية ؟

أصل الحياة

إن قصة الخلق الذاتي للحياة لها تاريخ طويل ، ومن الأمثلة المحببة لذلك ظهور يركات على قطعة لحم متعفنة ظهورا « ذاتيا » ، ولكن ليس ذلك ما نعتبه الآن بنشأة الحياة من مواد غير حية ، فقد أزالنا أعمال لويس باستير مثل هذه التصورات الساذجة ، أما دراسة الخلق الذاتي فتقع الآن تماما في مضمار علم البيولوجيا .

وقد اتخذت خطوة عملية لدراسة نشأة الحياة على الأرض بواسطة ستانلي ميلر Stanley Miller وهارولد يوري Harold Urey من جامعة شيكاغو عام ١٩٥٢ ، في تجربة تعتبر الآن كلاسيكية . وقد ارتكزا على فكرة أنه لو تمكنا من خلق نفس الظروف التي يعتقد أنها كانت سائدة وقت نشأة الحياة معمليا ، فقد تتكرر نفس محفزات العمليات الكيميائية التي أدت لتخليق المواد الحيوية . وطبقا للأفكار التي كانت سائدة وقتها ، فقد ملا فاروود بنفل الميثان والهيدروجين والأمونيا والماء ، اعتقادا أنها تمثل جو الأرض في تلك الحقبة المسحيقة ، أما الجو الحالي للأرض ، والمكون أغلبه من النيتروجين والأكسوجين ، فهو نتاج تطور طويل . مشائر بدوره بالعمليات البيولوجية ، وهو إشارة مميزة لأى مجتمع مستكشف خارج الأرض للأبليتها لوجود الحياة على مقعها .

وتضمنت التجربة التي استمرت لمدة أيام إطلاق شرارة كهربية في القارورة ، تمثل الطاقة التي كانت تستمد من الصواعق آنذاك ، وأخذ لون المحلول في الاحمرار ، وحين حُلّ وجد أنه يحتوى على جلدور لا بأس بها من جزيئات عضوية (٤) تسمى الأحماض الأمينية . والأحماض الأمينية ليست جسيمات حية ، ولكنها اللبنة الأساسية للبروتينات ، والتي هي عنصر أساسى للأجسام الحية . فبدائل خلاياك لترجم أكواد من حمض D.N.A بواسطة حمض R.N.A الى جزيئات بروتينية عاملة ، تقوم بوظائف الحياة . وبما الأمر للبيض ، وكان ذلك في مطلع الخمسينيات ، أن ميلر ويوري في طريقهما لانتاج الحياة معمليا . ولا ننكر أن اليون شامع بين انتاج عدة أحماض أمينية وأول كانى حى متكاثرا ، إلا أن اعتبار ملايين السنن التي مرّت على الأرض تبسنا تصور أن هذا الحصة من الأحماض الأمينية قد تطور بالتدريج الى جزيئات أكثر تعقيدا ، بينما الجزيئات الضوية تتماثل وتتجمع بطرق شتى .

ولكن للأسف ليس الأمر بهذه السهولة ، لسبب ذكرناه ثلثنا ، ألا وهو حمض DNA ، ففي نفس عام تلك التجربة الشهيرة ، قام فرانسيس كريك Francis Krick وجيمس واتسن James Watson (٥) من جامعة كامبردج بوضوح أول هيكل للحمض المذكور ، وهو الحثزون المزدوج الشهير ، مبشرين الطريق نحو دراسات أعمق لوضوح البنية التي تسير عليه الحياة على الأرض . وحتى ذلك الحين ، كانت هناك مدرسة محترمة تعتقد أن البروتينات هي سر الحياة ، ومن ثم فإن انتاج الأحماض الأمينية خليق بأن يكشف لنا عن ذلك السر . وبعد اكتشاف أهمية حمض DNA ، كان طبيعيا أن تحجم أهمية تلك الخطوة .

وتعتمد كافة صور الحياة على الأرض على هاتين المجموعتين من الكيمائيات ، الأحماض النووية والبروتينات ، وكلتاها مكونة من الكربون والهيدروجين والأكسجين ، مع مقادير قليلة من مواد أخرى كالفسفور والكبريت . وتخلق البروتينات من عشرين نوعا من الأحماض الأمينية بتركيب مختلفة (ليس كل بروتين يحتوي على العشرين حمضا) ، وهي ذات دورين ، كمناصر بنائية ، وكمحركات (يطلق عليها اسم « الزيمات ») للعمليات الكيميائية الجوهرية . ولولا وجود المحركات لتباطأت العمليات الحية إلى أن تتوقف . والأحماض النووية هي المسئولة عن تخزين الكود الجيني ونقله ، وهو كالة الملوصلات من بناء الكائن وتنظيمه . ويضمن الكود كل التعليمات لتخليق بروتين معين أو أنزيم معين ، واحد الأحماض النووية . وهو D.N.A. يأخذ شكلا أصبح مألولا ، وهو سلسلة طويلة من حلزون مزدوج ملتف ، وهو موجود حيث يراد لك شفرة تسخ الكائن أو تنفيذه .

وتتكون المواد غير العضوية ، كالماء والهواء من ذرات عنصرين أو ثلاثة مترابطة بقوة التجاذب الكهربائية . أما جزيء ال D.N.A. فقد يتكون من عدة ملايين من الذرات ، وفي الواقع ، فكل خلية في جسمك تحتوي على ما طوله ، حين يمد إلى نهاية أطرافه ، مائة وثمانين مستقيما من ال D.N.A. وتنظيم كل هذه الذرات ليس عشوائيا ، بل بترتيب غاية في التعقيد . لتغيير قليل فيه يؤدي للفرق بين الفيل واليموشة ، أو بصورة أكثر شموها ، بينك وبين الشمبانزي . والتنوع الململ لصور الحياة على الأرض يمس التنوع في ترتيب تلك الوحدات البنائية .

وفي الواقع ، فإن عدد طرق ترتيب ذرات الكربون والأكسجين والهيدروجين في سلسلة D.N.A. كبير بشكل لا يتصور ، واحتمال تكوين عشوائي لحض تلك التعقيد يحل شفرة الجنس البشري هو غاية في الصعالة . ولو أن هذا ما حدث بالفعل ، فإن الحياة تكون معجزة بمعنى الكلمة .

ولكن ماذا عن الانتخاب الطبيعي لماروين ؟ ألا يمكن لهذه العملية وسبعا أن تكون مسئولة عن هذا التعقيد ؟ للأسف ، إن التأثيرات التطورية التقليدية تسج عن خلق الحسا قبل الحيوى تجاه مادة حية حقيقية .

تفهم الفرد الأخرى ، وإياكتر تكيفا ، والذي يملك مزايًا على إقرانه ،
ويمكنه بالتالي البقاء وشغل البيئة بنسل أكثر منهم ، من العصب تصوره
لجزئيات غير حية لا تملك التكاثر بنفسها على أية حال .

وانتقلة من الأحماض الأمينية إلى البروتينات لا يعرف عنها إلا التدرج
اليسير ، وأقل منه عن أصل الأحماض النووية ، ويتصور أن نوعية ما من
حساء ديار يوراي البدائي يمكنه ، لو ترك على حاله ، أن يجد نفسه
متجهًا آليًا إلى النوع الصحيح للتركيب الجزيئي . فعل سبيل المثال ،
يتسبب فعل الانزيم المكون عشوائيًا في تركيز نوع ما من الجزئيات بدرجة
أكبر على حساب أنواع أخرى ، ولو أن هذه الجزئيات بدأت في تكوين
ذات الانزيم الذي ساعد على تكوينها ، فإن النسبة تصبح متوالية في
اتجاه البقاء الذاتي . ومن طريق دورات مشابهة يمكن الصعود إلى درجات
أعلى وأعلى من التقدم إلى أن يتخطى الأمر في النهاية من أول جزيء
مائل الحجم مستطبع التكاثر ، وتسهل المسيرة بعد ذلك ، حيث يبدأ ذلك
الجزيء في تحويل الحساء من حوله إلى نسخة من ذاته . بعد ذلك يفتح
المجال للتطور كما ارتأه داروين ليقوم بنشاطه .

هل هكذا بدأت الحياة ؟ هذا ما يدعيه كثير من العلماء ، ولو صح
زعمهم ، فإن الخلق المباشر من الكيمياء الحية يكون أيسر من أن يثير
كل ذلك الحجب . إن عمر الأرض لا يزيد عن أربعة بلايين عام ونصفه
المليون من الأعوام ، وظلت لمدة ملايين من الأعوام عرضة لضربات عنيفة
من الصواعق والشهب ، بينما تسجل القدم حفرة لحياة أولية ثلاثة بلايين
ونصف المليون من الأعوام ، الأمر الذي يبين أنه ما أن تكونت الأرض
حتى بدأت رحلة الحياة . هذا التعجب دفع بالكثير من العلماء إلى الاعتقاد
بأن الحياة تطورت تلقائيًا ضمن لعمليات فيزيائية مناسبة ، صورة بديلة من
المادة تبرز طبيعيًا حين تجد المادة الخام المناسبة . وإذا كان الأمر كذلك ،
فإنه يكون من الواضح أن الحياة أبعد من أن تكون معجزة ، بل هي
بالأحرى إحدى الظواهر الطبيعية الشائعة للكون . إذن ، فإين هي ؟

عوالم من ورائنا

منذ عصر كوبرنيكس ، لخمسة قرون خلت تقريبًا ، والبشرية لا تفكر
تتلقى درسًا بعد الآخر يلفتها أنه ما من شيء متميز حول الأرض ، فهي
مجرد كوكب عادي بالقرب من نجم عادي في منطقة ما من مجرة عادية .
هل لنا أن نتصور أن نشأة الحياة هي استثناء من هذه «الوسطية» ؟

لم ترانا يجب أن نستطرد فيها بينه كوبرنيكس . ونقول ان الحياة بدورها نتاج عادي لتطور كوكب كالارض ؟

لو كانت الحياة تنشأ تلقائيا بالفعل حين توجد الظروف المواتية ، فإن بحثنا عن مخلوقات كونية يتحول الى البحث عن مواضيع تتعلق فيها تلك الظروف . فما أن يوجد كوكب شبيه بالارض في مكان ما من المجرة ، حتى يبدأ ديبب صورة ما من الحياة ، طبقا لوجهة النظر هذه . ولكن بحثنا في المنطقة المجاورة لنا غير مشجع . فثبوتات امنا الارض الثماني في المجموعة الشمسية يختلفن جميعهن عنها في مسألة استضافة الحياة . ولكن مع ذلك ، فلم يتم استبعادهن تماما .

فلوقت طويل كان المريخ القوي مرشح لوجود حياة شبيهة بنا على الارض في عائلة النظام الشمسي . فجزء وان كان لا يقارن في لسوته بجزء الارض ، فهو اشد برودة وأخف بكثير من جزء الارض ، الا أن صورةا من الحياة توجد على الارض في مثل تلك الظروف ، وبمكثها بلا جدال التيش على سطحه لو قللت ان هناك . والاكثر من ذلك ، فقد وجدت شواهد على ان الماء ، وهو مكون اساسي للحياة ، قد وجد هناك منذ وقت مضى .

ومن لهم أن نذكر أن الحياة تطورت على الارض في أشكال متعددة ، كل منها تكيفت ببراعة مع الظروف الفيزيائية الخاصة ببيئتها الخاصة ، وهم ان تلك الظروف قد تختلف اختلافا بينا على سطح الكرة الأرضية . فالبكتيريا مثلا يمكنها أن تعيش وسط حمأة من الماء المغلي ، بينما تعيش كائنات ميكروبية في وسط جليد انتركتيكا ، حيث لا تختلف الظروف كثيرا عنها على المريخ . وحتى لو كانت الظروف الحالية غير قادرة على الاحتفاظ بشكل من الحياة على سطح المريخ ، فانه من المتصور أن تكون الحياة قد ظهرت في مرحلة سابقة من تطور الكوكب ، ثم تكيفت الى الظروف الحالية التي نراها غير ملائمة للحياة .

وقد كان المريخ عرضة لصدمات استكشاف طويلة للبحث عن الحياة فيه ، كجزء من مهام المركبتين اللتين هبطتا على سطحه في فواصل السبعينيات من سبنتي الفضاء فايكنج . وقد أجريت أربع تجارب للكشف عن تأثير كائنات حية على تربته ، كذلك التي تعيش على سطح الارض . وقد أدت إحدى هذه التجارب لنتائج ايجابية . والآخرى لنتائج سلبية ، ولدت اثنتان لنتائج صعبة وغير متوقعة . ولا تنفي نتيجة سلبية وجود الحياة ،

بل فقط تمنى عدم اكتشافها (٦) . والنتيجة الإيجابية يجب أن تؤخذ كتأكيد لوجود الحياة . ولكن مع الفوضى في التجريبتين الأخريين فإن ذلك يشير احتمال وجود عيب في إجراءات التجربة . ومن ثم فلا يجب الأخذ بها على علانيتها . ومن هذا المنطلق كان حذر أغلب العلماء . فهم يلجأون إلى القول بوجود نشاط كيميائي على سطح المريخ ، ولكنهم لا يجازفون بالقول بوجود نشاط كيميائية حيوية . وعلى ذلك ، فعل ضوء نتائج سفينة الفضاء فايكنج ، مزال موضوع الحياة على المريخ مفتوحا . رغم أن الصور المرسله تبين أنه ، على الأقل بالقرب من المركبتين ، لا توجد أشجار أو حيوانات .

ولعل الأمل يكون أكبر على سطح المشتري ، وفي القمر الهائل تيتان لكوكب زحل ، وكلاهما موضوع لبحت سلسلة الرحلات الفضائية لوكالة ناسا في التسانيديات . يعتقد الكثيرون أن الظروف على سطح المشتري ، رغم برودته الفائقة ، تشابه مع الظروف البدائية للأرض . لكميات هائلة الأمونيا والميثان ، مع الموائف والأعاصير الضخمة تشابه ، من منظور معين ، تجربة ميلر - يوراي على نطاق حائل . كما أن تركيبته متعددة الطبقات تعطي طروفا كيميائية وفيزيائية مختلفة واسعة المدى ، قد توأم بعض منها ظروف الحياة ، بل أن اللون السائد في بعض أحزمة المشتري ، وهو اللون الأحمر الضارب للصفرة ، هو نفس اللون الذي تسطعت عنه تجربة ميلر - يوراي .

وبالنسبة لتيتان ، والذي وجد نافدا لنوعية تفهم للاحباط ، له جو كثيف من النيتروجين ، ومن المحتمل أن تكون له بعض من النيتروجين السائل . وهو يشبه صورة من الحساء الحيوي في حالة برودة شديدة ، وضع في حالة تجميد بالتبريد حتى تكون النظام الشمسي منذ أربعة بلايين من الأعمار . ولكن الشمس ، طبعا لأكثر التقلبات الفلكية اعتدالية ، سوف تزداد حجما لتصبح هلالا أحمر ، وتضع بالتالي قدرا أكبر من الطاقة . لعل سيكون ذلك بمثابة انزراج تيتان من ذلك التبريد الفائق وتدفقته إلى الحالة التي تعتبر مثالية لنشوء الحياة ؟ ربما يكون الفرق بيننا وبين بقية أعضاء النظام الشمسي من حيث وجود الحياة ، فرقا زمنيا وليس مكانيا .

وتعتبر بقية أعضاء المجموعة أقل وعدا بوجود حياة فيها . ويمكن الأمل الحقيقي الآن في نجوم أخرى . وتحوى مجرتنا وحدها على بلايين

شمس . العنيد منها يمكن أن تكون مصحوبة بتوابع تشبه أرضنا ، وتعدل منها مكانا مكانا لنشأة الحياة . وحيث أن القوى تلسكوباتنا (على التلسكوب الفضائي هابل حين يتم إصلاح ما به من عيب) غير قادرة على الكشف عن مثل هذه التوابع ، فإن الأمر يظل في طي الافتراضات فقط . وعلى الرغم من اختلاف الآراء حول العدد الممكن للكواكب التي لها ظروف تشبه الأرض ، وحول مدى القرب اللازم بالقياس من ظروف الأرض يجب أن يكون عليه كوكب مأمول ، فالمقدد هائل بمروحة تدعو للدهشة لو أن قدرنا منها ليس مأهولا بالفعل . حتى لو كان ذلك القدر لا يزيده عن نسبة مئوية ضئيلة . فهذا القدر يمثل بالنسبة لـجرتنا نقط عدة ملايين من الكواكب مؤهلة للحياة كما نراها . فليكن من بلبلة أنجسرات .

مثل هذه الافتراضات ، مع ذلك ، تنبع من نظرة تعصبية للذات ، لماذا يجب أن تتفق البيولوجيا الغريبة مع مسطحاتها على الأرض ؟ ألا يمكن للحياة أن تتخذ صورا شتى ، ليست بالضرورة مكونة من البروتينات والأحماض النووية ؟

إن حبس د. ١٠-٢٠ ما هو إلا واحد من صور لا تحصى من السلسلات الجزئية الطويلة المأهولة على كيميائ الكربون . فمن الذي يمكنه توقع التكوينات الأخرى ؟ هل من حقنا أن نجزم بأن هذه التركيبية بالذات هي الوحيدة التي تمثل أساس البيولوجيا ؟ وماذا عن العناصر البديلة للكربون ، كالتيلوريوم ؟ فعنصر السيليكون مثلا ، وهم كونه ليس في نمط مزايا الكربون ، يمكنه أن يقوم بنفس الأمور كيميائيا . إن الصور لمفاحة من مصادر الطاقة والتفاعلات الكيميائية ، لتؤدي بنا إلى أن نعتبر بدائل لا حصر لها . ولكن كونها جميعا افتراضية ، فهي لا يمكن أن تؤخذ ببجدية . والسبب الوحيد في أخذنا لنموذج البيولوجي المبني على د. ١٠ هو أننا نعرف كيف يعمل على الأرض .

ولو أن الحياة تأسست بالفعل على كيميائ بديلة ، لأمكنها أن تزدهر في أشد البيئات شتوذا . وقد أطلق هنان الخيال لصور شبيهة عن كائنات تسبح في بحار النيتروجين على سطح ثيتان ، وتزحف في صحاروات المريخ الجرداء . ونسأ وراء النظم الشمسي ، يمكن لملايين من الكواكب أن تضم شتى الصور الغريبة من أشكال الحياة . وفي الواقع ، فإن تقبل فكرة الكيميائ البديلة يدفعنا إلى استبعاد ألا توجد إحدى صور الحياة على كل كوكب من الكواكب . فإن التنظيم الذاتي والتكيف اللذين يشلان

حتى النظم البيولوجية لا يتطلبان أولا وآخرها سوى نظام مفتوح تسري فيه الطاقة والانتروبيا ، ومصدر مناسب للطاقة (وهو ما يعني عادة فرقا في درجات الحرارة) *

حياة بدون عوالم

وقد تجاوز بعض العلماء حتى مفهوم الكيمياء الغريبة ، واقترحوا فكرة وجود حياة في مكان ما مؤسمة ليس على الكيمياء بأسرها ، بل على عملية ما من عمليات الفيزياء الخفية ، والمثال الواضح هو ما قدمه فريد هويل Fred Hoyle في قصته الخيالية « السحابة السوداء The black cloud » . فقد تصور هويل في هذه القصة سحابة ضخمة رقيقة من غاز بين - نجمي تمثل كائنا مفكرا ماديا ، يتحرك بين النجوم ليتغذى على الطاقات المتاحة *

وفي السنوات الأخيرة أسس هويل نظرية مفصلة عينية على هذه الفكرة ، وبالتعاون مع تشاندرا ويكراماسينغ Chandrasekhar ينحسب الآن الى أن الحبيبات المجهرية التي تكون مادة مثل تلك السحب بين - النجمية (والتي يتفحصها العلماء مستخدمين الأشعة تحت الحمراء) هي في الحقيقة بكتيريا متحوصلة داخل الغلظة والية ، ويشغى الاثنان الفكرة التقليدية بأن الحياة قد نشأت على الأرض ، وأعادوا للحياة لنظرية قديمة وضعها منذ مائة عام العالم السويدي سڤانت ارثينوس Svante Arrhenius ، وهو الذي قام ، بالإضافة للعديد من الإصاال الأخرى ، بحسابات مفصلة عن ظاهرة الصوبة الخضراء ، وقد ذهب ارثينوس الى أن الحياة قد تكون منتشرة خلال المجرة على شكل كائنات مجهرية محمولة على ذرات غبارية وتتحرك بدفع اشعة الضوء ، وفي صياغة هويل - ويكراماسينغ ، فإن أعداد هائلة من كائنات مجهرية مختلفة الأنواع تغزو الفضاء بين النجمي ، مستعملة لانتساح أي جسم مناسب ، ككوكب أو مذنب ، وقد يفسر هذا بشكل جميل كيف بدأت الحياة على وجه الأرض بهذه السرعة بعد بدء تكوينها ، وما يقضيه ذلك من أن كواكب أخرى قد تكون قد غرقت بالحياة بمثل هذه السرعة ، وبإعطاء الكيمياء قبل الحيوية بلايين من السنين تمارس خلالها نشاطها على مادة السحب بين النجمية قبل أن يؤذن حتى للأرض أن تتكون ، تحصل النظرية من موضوع الحياة تبرغ من اللاحياء بمجرد الصاعدة أمرا اقرب للصديق (٧) ، ولكن من الصعب إعطاء وزن كبير على المفهوم الافتراضي تهويل ويكراماسينغ بأن أرضنا لغزوها باستمرار كائنات مجهرية من

الفضاء ، مستولة عن الموجات الوبائية لأمراسي كالانفلاتزا • والاختبار الجوهري مثل هذه الأفكار هو وجود (أو عدم وجود) حياة على كوكب المريخ • فحيث أن هذا الكوكب هو المرشح الأول لنزوح من هذا القليل - وأنه من الصعب تخيل كائنات مجهرية يمكنها أن تتأقلم الظروف القاسية للفضاء بين - النجمي تفشل في تثبيت أقدامها هناك - فإن كل نتيجة سلبية لاختبار وجود الحياة على المريخ يحسب على النظرية •

كيف اذن يمكن استكشاف الحياة خارج الأرض ، اذا كانت بقية كواكب النظام الشمسي عارية منها ؟ لسنا برنا الفضائية لن نتجاوزها في مستقبل قريب • فإذا ما افترض علم شققاتنا من كواكب النظام الشمسي. هل معنى ذلك أن بطل الموضوع في طي الخيال العلمي ؟ ربما لا ، حيث أنه يوجد طريق آخر لاختبار التصور بأننا لسنا وحدنا في الكون •

الغريب في السكون

رغم أن اكتشاف أصغر ميكروب فضائي سوف يغير تماما من نظرة البشر للكون ، فإن العجب الحقيقي يحيط بإمكانية وجود أشكال أخرى للحياة المعقدة ، ومجتمعات غريبة متقدمة تكنولوجيا • وقد سار كتاب الخيال العلمي طريقا وراء هذه التسلطات • وربما سائرهم بعض العلماء ، ولكن ، ما الحقائق ؟

على الأرض ، يبدو أن الذكاء مقرون بقيمة عالية للبقاء ، وأنه نتيجة تلقائية للضغوط التطورية • والذكاء ليس مقصورا على الإنسان ، فهو موجود في غيره أيضا كالدلافين • ومن السهل أن نتطوع للاعتقاد بأنه ما أن تلب الحياة حتى تتطور تدريجيا وتلقائيا إلى صور أكثر تعقيدا ، بحيث أنه حين يشتد الصراع من أجل البقاء يكتسب السموك الأكثر ذكاءا المفضلية الأكبر في عملية الانتخاب • وفي الواقع ، فاللفرة من وجهة الخلايا إلى الإنسان تبدو أكثر قربا للفهم عن القفزة من الحما قبل الحيوى إلى حضن د.ن-ا • وطبقا لفلسفة كهنة ، اذا ما كانت الحياة منتشرة في أرجاء السكون ، فكذا يكون الذكاء ، وربما أيضا التنظيم التكنولوجي • هي نتيجة تفتح باب الأمل في إمكانية جديدة تماما للكشف عن الحياة خارج الأرض • فبدلا من البحث عن صور الحياة ذاتها ، يمكن البحث عن آثارها التكنولوجية •

والاقتناع بوجود صور مختلفة (وربما ذكية) من الحياة على سطح الأرض بمجرد رؤية نل للذمل ، دون رؤية نملة واحدة هو نوع من قصر النظر - ومنذ مائة عام ، كان الفلكي برسيغال لويسل Percival Lowell مقتنعا أن مجتمعا متقدما قد أنشأ شبكة قنوات على سطح المريخ . وللأسف ! فإن الأشكال المبهمة التي تخيلها من خلال تلسكوبه اتضح أنها تنتمي للاتصالات النفسية أكثر من انتمائها لحقيقة فيزيقية ، ولكن مبدأ استخدام التلسكوب للبحث عن آثار حضارات أخرى لا يزال قائمة .

كيف يمكن لمجتمع بعيد أن يكشف عن وجوده لنا ؟ أن القرب نجم (بعد الشمس) يقع على بعد أكثر من أربع سنوات ضوئية (حوالي ٢٤ مليون مليون ميل) ، وأكثر الآراء تفاؤلا لا تتوقع مجتمعا ذكيا القرب من عشرة ، أو حتى مائة سنة ضوئية . ورصد مثل هذه الحضارات بصريا أمر خارج من المناقشة .

والأسلوب الأكثر مدعاة للتفاؤل هو الرصد اللاسلكي . فالتلسكوب الراديوي له قدرات وكفاءة تفوق زميله البصري ، جزئيا بسبب طريقة تجسيما بحيث تضاعف القوة الرصدية . فبعض مثل تلك النظم تكون مكافئة لهوائى يحجم الكرة الأرضية بأكملها . وللأسف ، لما من جهاز على سطح الأرض له حساسية تكمن من التنبصت على إشارة في مستوى ما لتلقط أجهزة التلفاز والمذياع المنزلية ، حيث أن الانقطاعات يتم من كافة المصادر المحيطة بالكرة الأرضية . ويختلف الأمر كثيرا لو تركز الانقطاعات من مصدر بعيد ، وللتلسكوب اللاسلكي المركب في المرصد الراديوي بالقرب من أريكيبو Arecibo بدولة بورتوريكو مقدرة على الاتصال بجهاز مماثل في أى مكان بالجرة ، لو فقط علم في أى اتجاه نتوجه بالارسال أو التنبصت . فالتكنولوجيا الأرضية الآن قادرة على إقامة اتصال مع أية حضارة توازينا تقديما في الجرة . وقد سيطرت فكرة التخاطب عبر اللاسلكي على خيال كثير من العلماء وغير العلماء على السواء ، رغم كونها مدعاة للكثير من الاعتراضات . فما الذى يدفع « هؤلاء القوم » لتجسيم الارسسال لنا ؟ وكيف يطمون بوجودنا أصلا ، وأن لدينا من التكنولوجيا ما يمكننا من استقبال انشازاتهم ؟ وعلى أية حال ، فما الجدموى من مثل هذا الاتصال طالما أن سرعته محدودة بسرعة الضوء ، فستغرق الرسالة بذلك عقودا ، أو أكثر ، من السنين ؟ وأيضا ، ماذا يستخدم « هؤلاء القوم » اللاسلكي ، وليس تكنولوجيا أكثر تقدما لم توفق

لاكتشافها بعد ؟ ربما تكون هناك شبكة اتصالات كوكبية تعمل بالفعل بين حضارات أكثر تقدماً منا ، ونحن غير واعين لها .

البحث عن مخلوقات الفضاء

لم تثبط علمه الاعتراضات من عزيمة انصار الاتصالات الفضائية للأسباب الآتية ، ان عمر الأرض الآن ٤.٥ بليون عام ، حوال ثلث عمر المجرة لا غير . وقد تطلب الأمر ٤ بلايين عام لتتطور الحياة على الأرض من الكائنات المجهرية الى عصر التكنولوجيا الحديثة . فلو أن الحياة قد تطورت بهذه السرعة في الكواكب التي سبقت الأرض في التكوين في المجرة ، فإن تقدمهم التكنولوجي سيكون قد ازدهر قبل تكوين الأرض بسدة طويلة . والإسكانات المحتملة لحضارة سبقت الأرض بألاف ، أو ملايين ، أو حتى آلاف الملايين من السنين لا يمكن تخيلها . ولعل مسألة مثل مخاطبة كل نظام نجمي في المجرة تعتبر تألقاً بالنسبة لهم . أما عن معرفتهم بنا ، فلا ننسى أننا تسببنا في بث اشارات لاسلكية عبر الفضاء تصل في انتشارها الى خمسين سنة ضوئية حتى الآن ، وما من شك في أن حضارة بالتقدم الذي نتصوره قادرة على أن تحس بهذه الضوضاء التي بثت في الفضاء . حتى لو كانت امكاناتنا نحن لا تسمح لنا بذلك . وبتأريخ يبلغ آلاف والآلاف السنين ، فلفل عدة عقود في مدة التراسل مقبولة لهم ، حتى ولو كانت كثرة حياة الفرد منهم في مثل عمرنا المتوسط ، وهو أمر غريب بالأ يفتقه به . وبالإضافة لذلك ، فإن مجتمعنا يمثل ذلك التطور ، حين يحاول إقامة اتصالات بمجتمع ما يزال يحس في تطوره التكنولوجي (نحن) . فباتأكيد أنهم سيلجئون الى أكثر الوسائل احتمالاً ، وهو اللاسلكي .

ولو افترضنا أن شخصاً ما هناك يحاول الاتصال بنا ، فإن العقبة الكبرى في استخدام اللاسلكي هي اختيار ذبذبة التراسل . فتح المهي اللاسلكي بأكملة ، كيف لنا أن نعرف الموجة التي سوف يخاطبونها عليها ؟ في هذا الخصوص قدم جيوسبي توكوني Giuseppe Cocconi وليليب موريسون Philip Morrison من معهد Massachusetts Institute of Technology معهد التكنولوجيا بماساشوتس اقتراحاً وجيهاً . ان أي مجتمع له خبرة في مبادئ الفلك الراديوي يجب أن يكون على دراية بالخلفية الراديوية التي تصدرها سحب الهيدروجين حول الأذرع اللولبية لمجرة درب التبانة . ان هذا « الهيس » هو أول ما يسمعه راصد لاسلكي . فأي تردد أكثر منه تلقائية في الاستخدام في الاتصال عبر الفضاء

و أروبا نصفه أو ضعفه لتلاني تداخل ذلك ، الهمس) يمكن اختياره ؟
هذه إذا كان رفاقنا في الفضاء يفكرون في نفس خط كوكبوني
موريسون ٠٠٠٠

وقد بلغ الحاسي للاتصال بالخلوقات الفضائية بعض الفلكيين درجة
اتخاذ بعض الخطوات الفعلية . وقد بينت نتائج تحليل القدر الضئيل
من الاشارات المستقبلية من النظم النجمية القريبة عن عدم وجود ما يمكن
اعتباره اشارة لحضارة عاقلة . ويتطلب تطبيق قدر معقول من النجاح
مجهودات أكثر طموحا ومسؤولية . وقد قام فلكيو الراديو بجساسة بإرسال
دفعة اشعاع راديوي من مرصد أريكيبو تجاه كوكبة هائلة من النجوم ،
في عمق درب التبانة ، ينتظر ، بسبب تشتتها في رحلتها الباقلة عشرة
ملايين سنة ضوئية ، أن تستقبل من أي كوكب يتصادف أن يكون دوارا
حول نجم من الآلاف المكونة للكوكبة . وهل المصوم ، فإن موضوع الاتصال
بالكائنات الفضائية العاقلة يعتبر أمرا خلاصيا بحيث لا يسمح الا بقدر
ضئيل من وقت المراسلة الراديوية يخصص له ، ناهيك عن إقامة شبكات
ضخمة من المراسلة الراديوية كما يتطلب لأبحاث جادة في الموضوع .

أين هم ؟

أحد أكثر النتائج المستغفصة من تحليل بسيط لاحتمال وجود
مجتمعات خارج الأرض إثارة للثمن ، يتعلق بمدى الحضارات المتقدمة
تكنولوجيا والمحتملة وجودها في المجرة . أن النجوم والكواكب لا تقا
تتكون ، ولما كانت نشأة حياة وتطورها أمرا محتملا لكل كوكب مناسب ،
فإن ذلك يعني ظهور عدد أكثر وأكثر من الحضارات باستمرار .
وبطيرة متفائلة ترى في ذلك أمرا محتوما لكل كوكب يدور حول نجم
كالشمس ، فإن معدل وصول مجتمع جديد لمستوى الاتصال الراديوي
عبر الفضاء يكون حالة لكل عقد من السنين ، عقد على مدى عشرة بلايين
عام سابقة على تكوين الأرض ، على اعتبار أن المجرة عبرها أربعة عشر
بليون عام ، والأرض أربعة بلايين من الأعوام .

وهذه نتيجة مذهلة ، تعني أننا ، ولما يحض على اكتشافنا للاتصال
اللاسلكي سوى عمق عقود من السنين ، حديثون للغاية في النادي اللاسلكي
الكوني في حالة تواجد . أما بقية الأعضاء قبل قدر أكبر من التقدم في
هذا المجال .

على أن عددا من مثل هذه المجتمعات يعتمد اعتمادا شديدا على الممر
المفترض للحضارات المتقدمة ، وعلى معدل المواليد . فلو أن الأرض دمعت

هنا ، وإن حالتنا تمثل نموذجاً قياسياً ، فيعني ذلك أن حضارة واحدة فقط في المتوسط هي القادرة على الاتصال اللاسلكي عبر الفضاء على مستوى المجرة في كل فترة زمنية محددة . ومعنى ذلك أننا المحتلون لهذا الوضع حالياً ، وفي عزلة تامة . فنحن أكثر الحضارات تقدماً في المجرة بأكملها في وقتنا هذا . أما إذا كان العمر الافتراضي للحضارة المتقدمة هو عشرة بلايين عام ، فإن ذلك يعني حوالى مليون حضارة منها تقطن درب التبانة في نفس الوقت ، أغلبها قطعت أشواطاً أكبر في التقدم منا .

وهذا يشير التساؤل الصعب والمثير الذي صاغه صراحة لأول مرة الفيزيائي اريكو فيرمي Enrico Fermi ، والذي ، من بين أعمال أخرى، أعطى الثيوريتم اسمه . إذا كانت الحياة يمثل هذا الانتشار عبر المجرة على اتساعها ، فمن الصعب علينا أن نتصور لماذا لم ننشأ الحضارات المتقدمة من مليون من الأهرام . ألم يكن حرياً بها أن تكون قد استعمرت المجرة بأسرها في الوقت الحاضر ؟

ولنتصور كيف يتحقق ذلك . تخيل أن حضارتنا قد شيدت مركبة فضاء هائلة ، وزودتها بالطاقة اللازمة لبقاء الحياة على متنها عدة آلاف من السنين . وليس ذلك حصياً على حضارتنا اليوم ، لو كانت هناك إرادة لذلك . سيبدأ عدد من المفكرين في الانطلاق بسرعة متواضعة ، بحثاً عن موضع جديد لهم . وبالسّعة المتاحة حالياً ، يتطلب الوصول إلى أقرب نجم عشرة آلاف عام . المهم أنه بعد عدة آلاف من السنين سيكون كوكب جديد قد استعمر ، وبعد عدة مائة يكون قد ازدحم ، فنبداً مرحلة جديدة من الهجرة ، وهكذا .

وباتباع سياسة كهذه ، فإنه بعد عشرة ملايين عام لا يمر ، وهي فترة وجيزة بالمقاييس الفلكية ، تكون المجرة البالغ اتساعها مائة ألف سنة ضوئية قد استعمرت بالكامل . وفي تصور آخر ، يمكن أن سيوكل إليهم استثمار المجرة أن يرمسوا بدلاً منها مسابير من أناس آليّة (روبوتات) ، وهو ما يتجاوز إمكانات حضارتنا الحالية بقليل ، تحمل مواد جينية (بعض من بويضات وحيوانات منوية مجتمعة ، أو بيض منضبط متجمد ، أو حتى جزئيات حيوية مصحوبة بالمعلومات الجينية مكونة في ذاكرة الروبوت لتتنشط في تخليق الـ د - ن - ا - ب مجرد الوصول) بحيث تبتدئ الحياة - بالفهم الحرفي - في تربة الكوكب المناسب عند وصولها .

ورغم أن الكثيرون قد يشكون في أن نجد حضارة ما الدافع للقيام بهذا العمل ، حتى وإن تمكنت من القيام به تكنولوجيا ، فلنتذكر أنه يكفي أن تقدم على ذلك حضارة واحدة على هذه المقامرة ، خلال عمر المجرة البالغ أربعة عشر بليوناً من الأعمار (أي حضارة من بين بليون حضارة محتملة ، طبقاً للأرقام التي أوردناها) ونجد المجرة قد امتلأت بنسبتها الآن - إذن ، فإين هم ؟

والمشكلة تبدو مستحسنة بالنسبة لمن يؤمنون بوجود الذكاء في مكان ما من الكون - ربما هم هنا بالفعل ، ولكننا أقل من أن نشعر بهم ، كالنمل يمشي في حياته غير واع لوجود جنس من البشر يلحظهم - ربما ، كما يعمل للمهوسين بالكائنات النضائية الغامضة أن يدفعونا للاعتقاد به ، تكون الأرض تحت ملاحظة دقيقة من البعد ، يحول بيننا وبين الاحساس بها سبب نجهله - أو ربما يوجد ميكانيزم ذاتي يؤدي لتدمير أية حضارة تتجاوز قمرنا معيناً من التقسم ، فبمثل أن تدخل عصر الغزو الفضائي - ربما تكون نفس القوى التطورية المؤدية لزيادة الذكاء مؤدية أيضاً للموتوانية ، بحيث تنتهي الحضارة بالفناء النووي أو ما أشبهه ، أو بتدمير البيئة وانسداد مقدرة الكوكب على الحفاظ على بقائه - ويقدر أقل من الاحتمالات الكثيرة قد يكون السفر عبر الفضاء محاطاً بمشاكل لم نعرفها بعد - وأقل من ذلك احتمالاً أن تكون الحياة على الأرض حالة خاصة بحيث لا تكون الأرض مضيافة لصور أخرى من الحياة - وبالتأكيد لا يمكن أن تكون الوحيدة من ذوي الحضارة التكنولوجية على مستوى المجرة ، أو الكون !

من المادة إلى العقل

في مقال ظهر في أواخر الثمانينيات ، بعنوان « المعلومات ، الفيزياء ، الذكاء ، البحث عن الروابط » Information, Physics, Quantum The search for Links : ذهب الفيزيائي جون هويلز إلى أنه لا مفر من استخلاص أن « العالم لا يمكن أن يكون آلة هائلة ، يحكمها قانون فيزيائي مفروض سلفاً » - بل الأكثر دقة في رأيه أن نفكر في الكون الفيزيائي كنظام مهول من نظم معالجة المعلومات ، لم تحدد مخرجاته بعد .

وتجسيدا لهذا التفكير الجذري في منهج التفكير ، أطلق هويلز الشعار : « It is from bit » (أ) ، بمعنى أن كل - : - ويقصده بها أي جسيم ، أو مجال لقوى ، أو حتى زمكان ، يتحول في النهاية إلى (بتات) ، أي وحدات معلومات .

لعمليات العلم هي عمليات استجواب للطبيعة . فكل تجربة قياس ، وكل ملاحظة ، يستخلص منها رد من الطبيعة على هيئة وحدات من المعلومات . ولكن طبيعة الكم في أساسها قد جعلت كافة القياسات والملاحظات تزول الى اجابة من اثنين : نعم ، و لا . هل الإلكترون في مكانه الدنيا ؟ نعم . هل لف الإلكترون متجه لأعلى ؟ لا . وهكذا . وبسبب عدم اليقين المبني في أعماق فيزياء الكم ، فانه ليس من الممكن التنبؤ بالاجابة سلفا . والاكتر من ذلك ، وكما قلنا في الفصل السابع ، فان للمشاهد دورا جوهريا في مخرجات قياسات عمليات الكم . الاجابات ، تعتمد طبيعة الحقيقة المستخلصة في جزء منها ، على الأسئلة المطروحة .

وهويلر من أشهر أنصار مبدأ « الكون التشاركي participatory universe » ، والذي يعني أن المشاهد ينشئ المركز في تحديد طبيعة الحقيقة الفيزيائية ، وأن المادة محال أمرها للعقل . ويعتبر فرانك تيلر Frank Tipler من جامعة تولين Tulane بنيو أورليانز ، من أنصار نفس الأفكار أيضا ، إلا أن موقفه مختلف . فهو يرى أن دور المشاهد لما يزل هامشيا ، ويستند إن الذكاء سوف ينتشر في النهاية عبر الكون ، مساهما بدرجة أكثر وأكثر في أنشطة الطبيعة ، حتى يصل الى تلك المرحلة التي يصبح بها هو نفسه الطبيعة .

وطبقا لأرائه ، للحياة الذكية ، أو ربما القرب للصحة شبكة من الحاسبات ، سوف تنتشر من كوكب ما (ربما الأرض) وتنتشر في سيطرتها ببطء . ولكن ببطء ، ليس فقط على النظام الشمسي ، أو المجرة ، بل على الكون بأسره ، وهو تصور يحاكي ما ذهب اليه اليسوعي بيير تابهارد دي شاردن Pierre Teilhard de Chardin ولكن مع جعل التكنولوجيا هي العامل الحاسم . وعلى الرغم من الاحتمال أن تستغرق العملية تريليونات من الأعوام ، فان أوج هذا التحول التكنولوجي لماهية الطبيعة يتشكل في دمج الكون بأسره في نظام معلوماتي واحد . وصليا ، يكون الذكاء قد اختطف النظام المعلوماتي الطبيعي الذي تطلق عليه الكون ، واستقله لصالحه .

ونحن نذكر هذه الأفكار التي نقر بظنيتها لنبين التغير العميق في المنظور الذي صاحب عصر ما بعد الآلية كنمو لتفكير . فبدلا من مادة شبه متحركة في آلة نيوتن الترامية الأطراف ، لدينا شبكة مترابطة من تبادل المعلومات ، نظام مفتوح شمولي غير قطبي ، مزدهر بالإمكانات

وتمتصع ببراء لا يتخبط - وإن العقل البشرى لنتاج ثانوى من هذه العملية المعلوماتية الشاسعة ، ولكنه نتاج ثانوى فائد على فهم أبعاد العملية ، على الأقل جزئيا .

وقد أسس ديكارت صورة العقل البشرى كنوع من مادة هلامية . توجد على استقلال عن الجسد - وفى مرحلة متأخرة بكثير ، سخر جيمس رايلى Gilbert Ryle من هذا الازدواج بإشارة للجزء العقل بـ « الشبح فى المادة » . وقد عبر رايلى عن نفقه اللاذع خلال مرحلة من أوج انتصار المادية والآلية .

و « الآلة » التى أشار إليها كانت الجسد البشرى والعقل البشرى ، باعتبارهما مجرد أجزاء فى آلة كونية أكبر . ولكن حين أطلق هذا التعبير البليغ ، كانت الفيزياء الحديثة تنشق طريقتها ، هابطة بالنظرة للعالم التى كانت الأساس لفلسفته - واليوم ، وعلى حافة القرن الواحد والعشرين ، يمكننا أن نرى أن رايلى كان على حق فى رفض ذلك الشبح فى الآلة . ليس لعدم وجود الشبح ، بل لعدم وجود الآلة .

مواضيع الفصل المباشر

(١) مشتقة من الكلمة الانجليزية بمعنى + نهاية + = (انترجم) *

(٢) الة الأرض عند الانجيل - (انترجم) *

(٣) وهو في الواقع تصوير الله عن مبدأ التنظيم الذاتي للنظم الحية . حية كانت أو غير حية *

(٤) الجزيئات = الصبوية = هي جزيئات تحتوي على الكربون . وهو عنصر له خاصية متميزة لتكوين جزيئات أكثر تعقيدا بالترابط بتواتر عناصر أخرى أهمها الهيدروجين * هذه الجزيئات المتقدة مرتبطة بالاجسام الحية . ومن ثم كانت تسميتها . ولذا يمكن أن نتج أيضا بشرق أخرى . ولذا لمي وأن كانت ضرورية لوجود الحياة . فانها ليست دليلا للحياة على وجود الحياة *

(٥) حازا على جائزة نوبل عام ١٩٦٢ (انترجم) *

(٦) لمصيدة للحياة تقام في كيويك بكندا لا لتصيد أية فيلة . ولكن ذلك لا ينفي وجود الفيلة على سطح الأرض *

(٧) القرب للتصديق تقريبا . حيث انه يوجد وفرة من الزمن . ولذا لم يصعب تصديقا من الناحية النظرية . حيث ان الذي التوسع للظروف الفيزيائية والكيميائية على مستوى المجرة ككل يجعل من الصعب معرفة من أين يمكن البدء لوضع نظرية تفصيلية للحياة *

(٨) كلمة is بمعنى وحدة الطفرات . وترجم = بت . أو بلة * أما السحار نصه فمري عدم ترجمته . حيث صيغته مختلفا ككل المقاربات المسكوكة المعتمدة على التلاعب اللغوي = (انترجم) *

كشاف

أوتسغورد ، جامعة : ١١٦	مرض ، اختلاف الكهرلالي : ١٢٥	أون ، طبعة : ١٠٩
أوتلو : III	مرض ، حواف : ١٠٤	أوت جنيانيه : ١٧
اتصال : ٢٢٢	مرض ، نظام مغلوج : ١١٢	أوت ، عصر : ١٦
اتصالات ، الشبكة العنكبونية : ٢٠	مرض ، اختلافات : ١٦١	أوت ، طبعة : ١٠٩
أثني : ٢٧ ، ٢٨ ، ٢٠ ، ٦٧	أوربا : ٢٠	أوت ، طبعة : ٢٤
أجرام صناعية ، حركة : ٢٢ ، ٢٣	أوريكيو ، عرض : ٢٤٧ ، ٢٤٤	أوت ، مفهوم : ٤٩
أجسام متعلقة سقوط حر : ٤٣ ، ٨٠	أوسبكت ، أذن : ١٤٥	أوت ، عرض : ٥٢
أجسام فضائية خاضعة : ١٤٨	أوسبكت ، شهرة : ١٨٦	أوت ، عرض : ٢٠
أجسام مادية : ٩٨	أوسبكت ، ٢٠ : ٢١	أوت ، العرض : ١٦٧
أجسام مادية : ١٥ ، ١٨ ، ١٧٤	أوسبكت ، خط : ٦٤	أوت ، جسم : ١٦٨ ، ١٧٢ ، ١٨١
أجسام مادية : ١٣٠	أوسبكت ، علم : ٢٩	أوت ، عرض : ١٣٥
أجسام ، نظام : ٢٢	أوسبكت ، ٣٦	أوت ، عرض : ١٩٨
أجسام ، لمبة : ٢٢٤ ، ٢٢٥ ، ٢٣٦	أوسبكت ، حرارة : ١٢٧	أوت ، موجة : ١٢٩ ، ١٨٠
أجسام ، تورية : ٢٣٩	أوسبكت ، ٦٧ : ١١٣	أوت ، ٢٤ ، ٢٨ ، ٢٦ ، ١١٢ ، ١٣٢ ، ١٢٤ ، ١٣٧ ، ١٤٢ ، ١٦٨ ، ١٦٩ ، ٢١٠
أجسام ، مؤجل : ١٧٨	أوسبكت ، ضغط : ١٦٧	أوت ، جسم : ١٣٠
أجسام ، المسير : ١٧٨ ، ٢١٤ ، ٨٧	أوسبكت ، كواكب : ١٢٢	أوت ، خط : ١٢٢
أجسام ، خط : ٥٤	أوسبكت ، كوكب : ١٩٠	أوت ، كوكب : ١٣٢ ، ١٣٢ ، ١٣٤ ، ١٣٧ ، ١٤٢ ، ١٦٨ ، ١٦٩ ، ٢١٠
أجسام ، موجات : ٢٧	أوسبكت ، ٢٧ ، ٢٤ ، ٣٦ ، ٨٠	أوت ، كوكب : ١٣٢
أجسام ، موجات : ٢٣٠	أوسبكت ، ٢٧ ، ٢٤ ، ٣٦ ، ٨٠	أوت ، كوكب : ١٣٢
أجسام ، مفهوم : ٩٣	أوسبكت ، ٢٧ ، ٢٤ ، ٣٦ ، ٨٠	أوت ، كوكب : ١٣٢
أجسام ، أنماط : ٦٤	أوسبكت ، ٢٧ ، ٢٤ ، ٣٦ ، ٨٠	أوت ، كوكب : ١٣٢
أجسام ، سرعة : ٦٦ ، ٦٧	أوسبكت ، ٢٧ ، ٢٤ ، ٣٦ ، ٨٠	أوت ، كوكب : ١٣٢
أجسام : ٦٩ ، ١٠١	أوسبكت ، ٢٧ ، ٢٤ ، ٣٦ ، ٨٠	أوت ، كوكب : ١٣٢

بوهي ، نيلز : ٢٩ ، ١٧٠ ، ١٧٥	مظفری ، مولج : ١٤٤	قلب اللبدان الميكروسكوبية :
بيولوجيا ، علم : ٢٢٢	تكميلية ، ميلا : ١٧٤	٢٢٦
بيولوجيا ، صفة : ١٧	تكملي ، جملعة : ١٧٧	ثقيب النكم التوبية : ٢٢٨
بيولوجيا : ١٧ ، ٢٥ ، ٤٧ ، ٥٧	تكميلوي ، اختراع : ٢١٧	قلب سوداء مجهرية ، فضاء
٢٣٠ ، ٢٣٦	تكميلوي فضائي : ٢٢٩	الفجيري : ١٢٨
بيولوجيا ، النسخة : ٢٢٦	تعدد لجهاني عتيق : ١٤٤	نكية ، ثرات : ٧٦
بيولوجيا ، عمليات : ٢٢٤	تعدد ، مركز : ١٠٢	ثلاثي ظلي : ١٧٣
بيولوجية ، ظالم : ٢٤٠	نظائر : ٢٠٠	ثورة صناعية : ١٦ ، ١٧ ،
بيون : ١٢٨ ، ٢١٠	لنچسكا : ١٢٩	٢٠ ، ٢٠
	تبولت ، جيراند : ٥٦	ثورن ، كيب : ٢٢٢
	تواريج بديلة : ١٨٢	
	لوفالقيات : ١٢٦	
	تواقت : ١١٧ ، ٥٩	

٥

تلقح جنائلي : ١٤٢ ، ١٤٦ ، ١٥٩	توزيع متكامل لثقلية المتعاقبة ، ١١٦	جاذبية لرسية : ٤٣
تلاوير ، جون : ٢١٣	توزيع متكامل لتكوين بدائي : ١١٦	جاذبية ، تكثير : ٧٨ ، ١٤٤
تجائلي ، انبيار : ٢١٨	توصيل لثقل ، حالة : ٥٤	جاذبية ، حلق : ١٤١
تجائلي ، مجال لتكوين : ٨٤	توصل لثقل ، ظاهرة : ٥٢	جاذبية ، قوة : ٢٨ ، ٩٠ ،
تجائلي ، مجال : ٨٤ ، ٢٢٢	توازين ، جملعة : ٢٤٧	٢١٤ ، ٢١٥
تجارب ذهنية : ١٨٤	تبيار ، فراكة : ٢٤٧	جاذبية مضادة : ١٠٨ ، ١٤٢ ،
تجذبات عشوائية : ١٢٥	تيتان ، سطح : ٢٢٩	٢٢٢ ، ٢٢٥
تجذبات كمية : ١٤١		جاذبية ، معادلات : ١٢٠
تركيب لري : ١٢٠		جاذبية ، موجات : ٨٢ ، ١٩٠
تسارع : ٦٥		١٦١ ، ١٦٢ ، ١٦٣ ، ١٦٤ ،
تشتت : ٤٨		١٩٨ ، ١٩٧
تثوية طوبولوجي : ١٤٤	٥	جاذبية ، نظرية عن : ٧٧ ،
تضميم لثقل : ٨٧	ثابت ، نجوم : ٦٦	١٥١
تضميمي ، تعدد مضلوي : ١٤٢	لرمو ميلاميكي ، حالة توازن : ١٤٥ ، ١٤٨ ، ١٩٣ ، ١٩٧ ،	٢١٤
تضميمي ، ميلاريو : ١٤١	لرمو ميلاميكي ، هم توازن : ١١٥	٢١٤
تضميمي ، مولج : ١٤٤	ثقب انبيش : ٢٢١	جاذبيو : ٢٢ ، ٦٠
تضميمية ، مرحلة عتيق : ١٤٣	ثقب اسود ، ٧٧ ، ٨٠ ، ٩٥	جاذبيو ، جورج : ١٦٨
تضميمية ، مرحلة : ٢٢٧	٩٦ ، ١١٥ ، ١١٦ ، ١٢٩ ، ١٦٤ ، ١٦٥ ، ٢١١ ، ٢١٣	جاذبيو ، كارل : ٨٢
تضميمية ، نظرية : ٨٧ ، ١٤٨ ، ١٤٤	٢٢٤ ، ٢٢٠ ، ٢١٨ ، ٢٢٣	جاذبيو ، ١٩٨ ، ٢٠٠
تغير ، نظرية : ٢٥	ثقب عودي : ٢٢٢ ، ٢٢٤ ، ٢٢٧	جاذبيو ، ١٤٢ ، ٢٠٤
تعدد التوازن ، فكرة : ٥٥	٢٢٨ ، ٢٢٥	جاذبيو ، تركيب : ٢٢٦
تغير جلي : ٢٢٦		جاذبيو ، مستوى : ٢٤
		جسم كروي مثله : ٦٥

- شرافى فيروسيه : ٢٢٢
 اموثيا : ٢٢٤
 النبوة عظمى : ٢٠٥
 انتشار كليها : ٢٢٧
 انتساب طبيعي : ٢٢١
 الفروبييا مغلطلة : ١١٤
 ١٢٤
 الفروبييا : ١١٠ ، ١١١ ، ١١٦
 ٢٤٠
 الفروبييا مثلية : ١١٢
 الفروبيولوجى ، مجا : ١٩٢
 القنوى ، علم : ٢٩
 كاتلغره : ٢٢٢
 الزياح نجاة اللون الاحمر :
 ١٤٨
 الزياح احمر : ٩٢ ، ١٠٠
 ١٠٣
 الزيمات : ٢٢٥
 افسان ، الحرية الشخصية :
 ٤٢
 المصطفى عظيم : ١٥١
 القنوى عظيم ، عهد : ١٩٠
 القنوى عظيم : ٨٦ ، ٩٤ ، ٩٥
 ، ١٠٠ ، ١٠٧ ، ١٠٨
 ١٠٩ ، ١١٣ ، ١١٦ ، ١١٢
 ، ١٢٥ ، ١٢٦ ، ١٣٦
 ١٤٢ ، ١٤٤ ، ١٤٧ ، ١٥١
 ، ١٥٢ ، ١٥٣ ، ١٥٤
 ٢٠١ ، ٢٠٨
 القنوى عظيم ، مفهوم : ١٠٦
 القنوى عظيم ، نموذج تضخمي :
 ١٥٥
 انطونلزا ، عرض : ٢٤١
 اهلبيديجى ، عماد شبة : ٢٧
 فونتر لكمة : ١٧٣ ، ١٧٦
 ١٧٨
 لويكوز ، جبرمان : ١١٢
 اير : ١١٨
 ايرنست ، جورج : ٢٦
- اينلندين ، معلمة : ٩٤
 اينلندين ، معلمة : ٨٥
 اينلندين ، نظرية : ٨٢
 اينلندين : ٢٨ ، ٢٠ ، ٥٩
 ، ٦٦ ، ٩٤ ، ٧٤ ، ٧٨
 ، ٨٠ ، ٨٤ ، ٨٧ ، ٩٤
 ، ٩٧ ، ١٢٠ ، ١٢٦ ، ١٦٠
 ، ١٦٣ ، ١٨٣
 اينلندين ، المصورة للكعبة
 لكمة : ١٢٢
 اينلندين ، نظرية الجسالية :
 ٢٠٤
 (٢)
 ر'ب افسر ، قصة : ٩٦
 بارافى ، جورج : ٦٥
 بارميسنى : III
 باريس : ١٨٨
 باستير ، فويس : ٢٢٢
 بولوى ، مجا استعمال : ١٢٢
 بوننى ، وكهاليج : ١٢٢
 بنات : ٢٢٩ ، ٢٤٦
 بحث عن رواية معانيات :
 ديريه الكم : ٢٤٦
 بديهي ، منطق : ٢٢ ، ٩٧
 برجمانى ، منهج : ٨٩
 برنستون : ٨٥
 برنسيا ، كلف : ١٦
 بروثيا ، حركة : ٢٤ ، ٤١
 بروتون : ٢٤ ، ١١٣ ، ١٢٨
 ، ١٣١ ، ١٣٣ ، ١٣٨
 ١٥٢ ، ١٥٧ ، ١٢٤ ، ٢٢٩
 بروتون ، انطال : ٢١١
 بروتون ، تحلل : ١٢٢
 بروتون ، مشاهد : ١٢٢
- بروتونات ذات شحنة موجبة ،
 ١٢٩
 بروتونات عالية السرعة :
 ١٢٨
 بريجوجين ، ايليا : ٢٢ ، ٥٢
 بشر مشاهدين : ١٢٤
 بشرى ، عقل : ٧١ ، ٧٢ ، ٩٦
 بعد زمني : ٨١ ، ٩٠
 بعد مكاني : ٩٠
 بعيدة ، مبرات : ٦٤ ، ٨٤
 ١٠٠
 بعيد ، نجوم : ٨٥ ، ٨٦
 بيسيريا : ٢٢٧
 بى ، جون : ١٨٥
 بل ، مثالية : ١٨٥
 بلازما : ٥١
 بلاك ، شيت : ١٧٦ ، ١٧٤
 بلاك ، زمن : ١٢٣ ، ١٤٤
 بلاك ، مسافة : ٢٢ ، ١٤١
 بلورية : ١٧ ، ٥١ ، ٥٢
 ١١٠
 بترول من الحركة : ٣٦
 بترول ، حركة : ٢٤ ، ٢٧
 ٤١
 بترول : ٤٠
 بترول ، زوهر : ٩٤ ، ١١٩
 بوانكره ، هنرى : ٢٥
 بوبولوسكى ، بريس : ١٨٤
 بوزون : ٢٠٢
 بوزيترون : ١٢٤ ، ١٢٥
 ١٢٧
 بوسلة اير : ١١٧ ، ١١٨
 بوزترون : ٥٢
 بولترمان ، لوبليج : ١١٠
 ١١٢
 بوليكوف ، الكسندر : ٥٦
 بوم ، دانيال : ٣٠
 بوشى ، سيجيرمان : ٨٢

- جسم مرئي : ١٥٨ ، ٢١٨
 جسم نظري : ١٦٥ ، ١٦٨ ،
 ١٤١ ، ١٤٥ ، ١٩٦ ، ٢١١
 جسم مضاد : ١٣٧
 جسميات : اندواج : ١٣٦
 جسميات اطرارضية : ١٩٧
 جسميات نظائرية : ٢٠٧
 جسميات للعالم دون الذري :
 ٢٠٦
 جسميات المادة الصلبة : ٢٢٩
 جسميات النيوتريتيو : ٢١٨
 جسميات لونية : ١٨ ، ٢٤ ،
 ٢٩ ، ٢١ ، ٤٧ ، ٥٦
 جسميات بولوجية : ٢٥
 جسميات نظرية مون لوية :
 ١٢٢
 جسميات حلقية : ١٣٠
 جسميات دائمة : ١٤٢
 جسميات دون لوية : ٢٤ ،
 ٤٤ ، ٥٦ ، ٧٦ ، ١٢٩ ،
 ١٨٤ ، ١٧١
 جسميات لوية : ١١٣
 جسميات عالية الطاقة : ١٢٨
 جسميات لوية غير عرقية :
 ١٥٢
 جسميات عادية حلقية : ٢٠٤
 جسميات متحركة : ١٦
 جسميات متسارعة : ١٣٢ ،
 ١٣٤ ، ١٣٥ ، ١٣٦ ، ١٣٧ ،
 ١٣٨ ،
 جسميات : ١٢٤
 جسميات متحركة : ١٣٠
 جسميات : ١٢٤
 جزيئات : ١٩٧
 جسيمة ملكية بديلة : ٤٧
 جسيمية : ٢٥ ، ٢٥
 جوت : ١٤٦ ، ١٤٦
 جويل : كورت : ٨٥
 جوميل ، كون الدولار : ٩٩
 جوميسون ، وصلة : ٥٢
 جوميسون : ٨٦
 جيلدر ، جورج : ١٩ ، ٢٠
 جيني ، كود : ٢٢٥
 جينية ، معلومات : ٢٤٥
 جينية ، مواد : ٢٤٥
 ج
 حاسب الي : ٣٥ ، ٥٠ ، ٥٧
 حاديت يزوغ علم : ٦٠
 حاديت ، علم : ٧٧ ، ١٩٦
 حادولة ، تكنولوجيا : ٢٤٢
 حادولة ، فيزياء : ٩٦ ،
 ١٢٩ ، ١٩٣ ، ٢٤٨
 حديد : ١١٢
 حراري ، اشعاع : ١٧٠
 حراري ، موت : ١٠٩ ، ١١٥
 حرارية ، اشعاعات : ٢٢
 حرارية ، ديناميكا : ٢٣
 حركة حلقية ولاهربية : ٦٢
 حركة دائرية : ٦٢
 حركة غير متحركة : ٨٢
 حركة قوائم : ١١٠
 حركة متغيرة : ٦٢
 حركة متحركة : ٦٢
 حركة : ١٢٤
 حوزو الترددات : ١٧٥ ، ١٧٦
 حفرات : ٣٦
 حلقية ، أعداد : ٤٠
 حبة ، كلفات : ١٧
 حيوي ، خصام : ٢٢٨
 حيوي ، مجال : ٢٢٢ ، ٢٢٣
 حيوي ، مذهب : ٢٥
 حيوي ، نظرية الاشعاع : ٢٥
 حيوية ، مواد : ٢٢٤
 خ
 خادعة ، مادة صماء : ٥٧
 خدعة ، سلس : ١٥٧
 خدعة ، علاقة : ٤٤
 خدعة ، نظم معقدة : ٤٥
 خدعة ، نظم : ٤٤ ، ٤٥ ، ٤٦
 خدعة الاشعاعية كونية : ٨٦ ،
 ١٣٧ ، ١٤٢ ، ١٤٢ ، ١٤٨
 خدعة الاشعاعية : ١١٤
 خوارزم ، ٢٩
 خيال علمي : ٩١ ، ٢٤١
 د
 د.ن. : ٢٥ ، ٢٢٤ ، ٢٢٩ ،
 ٢٤١
 داروين : ١٦ ، ٢٢٢
 داروين ، الانتخاب الطبيعي :
 ٢٢٥
 ايسنوت ، فريمان : ١٩٠
 درايش ، هائل : ٢٤
 دروب التلينة ، مجرة : ١٠١ ،
 ١٦٠ ، ٢٤٢
 دقات ثلاث اولى : ١٢٣ ،
 ١٢٤
 دن ، جي : ١١٩
 دنيا ، طلق : ٥٦
 دوائر متداخلة ، نموذج :
 ٢٢
 دوائر متداخلة : ٢٢
 دوائر : ١٢٠
 دواكنز ، ريتشارد : ١٧
 دويلر ، مذهب : ٩٣
 دوران ، اتجاه : ٨٥
 دوران ، مطلق : ٦٥ ،

- موزان : ٦٥ ، ٦٦ ، ٢٠٣
 دورانية ، مركبة : ٦٥
 دولة ماهرة : ٢٠
 دولة معقولة : ٢٠
 دون ذرات : ١٢٥
 دون ذرى ، عالم : ٥٦
 دون ذرية ، شيزيام : ٢٢١
 دويغى ، تجرية : ١٨٩ ، ١٦١
 دى بيرولينى لويى : ١٧٠ ، ١٧١
 دى ستر وليام ، نموذج : ٩٢
 دى شاربون ، تاهفرد : ٢٤٧
 دى شامبو ، فيليب : ١١٢ ، ١١٣
 دى لويى هنريك : ٥٧
 ديرك واندرسون : ١٢٤
 ديرك : ١٧٦ ، ١٣٣
 ديكارت : ٢١٣ ، ٢٤٨
 ديمافيس ، ١٥ ، ١٦
 ديماسيكا حرارية ، قوانين : ١٦٥
 ديماسيكا حرارية : ١١٥
 ديماسيكية ، نظم : ١٤
 ذ :
 ذانى ، خلق : ٢٣٣
 ذانى ، الصور : ٦٢ ، ٦٦ ، ٥٧
 ذرات غيرية : ٢٤٠
 ذرات كربون وانكسجين : ٢٣٥
 ذرة : ١٣ ، ١٤ ، ١٧ ، ٢٩ ، ٣٠ ، ١٢٤
 ذرات ، مكونات أولية : ١١٣
 ذرة ، تواتر : ١٤٠
 ذرى ، عالم : ١٦٨
 ذرى ، مسطورى : ٧٤
 ذرى : ١٠٠ ، ٢٢٤
 راديو ، موجات : ٤٥ ، ١٦١
 راديوى ، انشعاج : ٢٤٤
 راديوى ، تليسكوب : ٢٤٢
 راديوية ، لكمة : ٦٧
 راديوية ، مرصد : ٢٤٤
 راديوية ، كمونات : ١٦٣
 رادى ، سكوت جون : ٥٠
 رايك ، جليبرت : ٢٤٨
 رانفورد : ١٦٦
 رانفورد ، نموذج : ١٦٨
 رولز ، لالان : ١٨٤
 ريفاني ، شميل : ٢٢ ، ٤٥ ، ١٥٩
 ريفاني ، مفهوم : ٣٩
 ريفانيات : ٤٥ ، ٩٨
 ريفانية ، حسابات : ٢٠٣
 ريفانية ، صيغ : ٩٠
 ريفانية ، معادلات : ٢٦
 ريفانية ، قوانين : ١٧
 ريفانية ، نظرية : ١٤٠
 ريفانيات ، مقلز : ١١٨
 ريمان ، جورج : ٨٧
 زمكان ، للقوام : ٨٠ ، ١٦٠
 زمكان ، الصيغة الريمانية : ٩٠
 زمكان ، المتكامل : ٢٢٣
 زمكان ماقوس : ٨٢ ، ٩١
 زمكان ذى ابعاد ثرية : ٢٠٦
 زمكان ، قوانين ميكانيكية : ٤٣
 زمكان مفرد : ٢٢٤
 زمكان ، مفهوم : ١٨٧
 زمكان مختص : ٩٧
 زمكان ، وجهة نظر : ٩٢
 زمكان ، ٥٩ ، ٧٠ ، ٨٩ ، ١٢٣
 زمكان ، هندسة : ١٩٤
 زمكاني ، بعد : ٧٣
 زمكانية ، انشعاج : ٢٢٦
 زمكانية ، مسألة : ٧٦ ، ٩١
 زمن ، تشوه : ٩٦
 زمن ، تمدد : ٨٨ ، ٨٩
 زمن ، سريل : ١٢١
 زمن صدم : ١١٠ ، ١١٢ ، ١١٤ ، ١١٦
 زمن : ٣٥ ، ٧٥ ، ٩٩ ، ١٠٠ ، ١٠٩ ، ١١٢ ، ١٢٤ ، ١٩٢
 زمن ، تليسكوب الى مطلق
 وحافى ومستقبل : ٧٤
 زمن ، طبيعة : ١٠٩ ، ١١٦
 زيادة نسبة : ١٤٢ ، ١٤٤
 س :
 سببية مفهوم : ١٢٤
 سببية : ٢٦
 معبر المصطف : ٢١٧
 سكون ح : ١٢٧
 سمات ، جى : ١١٨
 سوبر فوكا : ١٦٢
 سوليتون : ٥٠ ، ٥١
 سبيريا : ١٢٩
 سينكوجى ، انشعاج : ١١٧
 سينكولوجى ، انشعاج : ١١٨
 سينكوجون : ٢٣٩

علمية ، حلقية : ٢٢	فائدة التوصليل ، مواد : ٥٢	فلسفة تاريخ : ٦٥ ، ١٢٥
علمي التل : ١١٣	فائدة الحسنية ، أجهزة : ١٦٢	فلسف كس : ١٢٥
عوامل لغوي : ١٨٧	فائدة المربعة ، حاسبات : ٥٧	فلسف متعدد ، نظرية : ٩٣
عوامل مشفرة : ١٣٥	فائدة ، نظرية أولي : ٢٤ ، ٢٠٩	فلسف مسطح : ٨٢
ع	فائدة ، كوكبية : ١٥٢	فلسف مطلق : ٦٢ ، ٦٤ ، ٦٥
عالية : ٢٣٠	فائدة ، لوتار : ١٩ ، ٢٠٩	فلسف مقوس : ٨٢ ، ٩٠
عقل متاين : ١٢٧	فائدة ، جالية : ٢٠٤ ، ٢٠٦	فلسف منحنى : ٩٦
عقل : ١١١ ، ١١٢	فائدة ، نظرية التوتار : ٥٤	فلسف وزن - طبيعة : ٦٦
عز ، جزديات : ١١٠ ، ١١١	فائدة ، كوكبية : ١٥٢	فلسف : ٦٥ ، ٦٧ ، ١١٢ ، ١٩٥
عازات موسية : ٢٢٩	فرايدي ومكسويل ، أعمال : ٦٧	فلسف ، اجواز : ١١٣
عزات مؤونة بشوء للليز : ١٢٧	فرايكنج ، سفينة للفطماء : ٢٣٧ ، ٢٣٨	فلسف ، بروم : ١١٤
فبار كولي : ١٢٩	فرايكنج ، سفيلان : ١٢٣ ، ٢٠٠	فلسف ، نقوس : ١٠٥
فبار طعي ، مجال : ٥٤ ، ٥٥	فراية زمنية : ٥٩ ، ٧٤	فلسف ، معالجة غازية في : ١١٥
فبار طعية ، نظريات : ١٩ ، ٥٠	فراغ : ٢٠	فلسف كيزيلي : ٩٩
فبار طعية ، موجات : ٤٦	فراغ الفطماء : ١٣٠	فلسف ، مفهوم : ٥٩
فبار طعية ، نظم : ١٩ ، ٤٤ ، ٥٧ ، ٤٦	فراغ خلوي : ٦٧	فلسفي ، فاني : ٢٢٢
فبار متعلقة ، حر : ٦٥ ، ٦٦ ، ٧٧	فراغ ، نظرية : ٦٠	فلسفية ، سفوليات : ٢٤٤
فبار ميوية ، نظم : ٢٥ ، ٤٢ ، ٢٧	فراغ كسي : ١٢٤	فيل اكل ، ميلا : ٢٢٨
ف	فراغ لا نهائي : ٦٠	فيل حراري : ١١٠
فائق ، تفاني : ٢٠٢ ، ٢٠٣	فراغ : ٢٧ ، ٦٠	فيل العلم الاغريبي : ٦٠
فائق ، توصيل : ١٧٣	فراغ ، طبيعة : ١٢٥	فيل ، علم : ٨٤
فائق ، مجال التوصيل : ٥٩	فراغ : ٢٠٢	فيلكي : ٩٩
فائدة ، اجرام ذات جالية : ٨١	فراغ : ٢٠٢	فوتون : ٧٤ ، ١٢٥ ، ١٢٦ ، ١٢٧ ، ١٢٨ ، ٢٠٢
	فراغ : ٢٠٤	فوتونات ، كس : ١٢٤
	فراغ : ١٠٤	فوتونات ، نظرية : ١٢٤
	فراغ : ١٠٤	فوتونات ، ١٢٩ ، ١٩٤
	فراغ : ١٠٤	فوتونات وقية : ٢٢٦
	فراغ : ١٠٤	فوتونات ، حلق : ١٢٧
	فراغ : ١٠٤	فوتونات : ١٥٢
	فراغ : ١٠٤	فوتونات : ٢٢٥
	فراغ : ١٠٤	فوتوني : ١٠٩
	فراغ : ١٠٤	فوتون ، فلال : ١٣٦
	فراغ : ١٠٤	فوتون ، نظرية : ٧٦ ، ٧٧
	فراغ : ١٠٤	فراغ : ٢٥٧

كيمي ، عدم يقين : ١٩٨	قوى القوة : ١٩٢	لغزباتك ، وليم : ٨٦
كيمي ، خلق : ١٨٩		أيردي ، أنريكو : ٢٤٦
كيمي ، عالم مجري : ٣٠		أيروس : ٢٢١
كيمي ، معلم : ١٢٧		أيزابيل جزائرية : ٤٢
كيمي ، نظريات : ٤٢ ، ١٢٣		أيزابيل ذرية : ٤٢
كيمي ، نظريات : ١٥٥		أيزابيل ، عمليات معقدة : ٢٤٠
كيمي جاذبية : ٢٠٠ ، ٢٠٢	كتنات حية : ٢٧٠ ، ٢٣١	أيزابيل ، نوازل : ٣٦ ، ٤١
كيمي جاذبية ، نظرية : ٢٠٠	كتنات عجيبة : ٢٤٠ ، ٢٤٢	٩٤ ، ٩٩ ، ١١٣ ، ١٣٦ ،
كيمي ، عمليات تجاذبية : ١٤٠	كتنات ميكروبية : ٢٢٧	١٩٢ ، ٢٠٣ ، ٢١٩
كيمي ، عمليات : ١٣٧ ، ١٤٨	كارلر ، يواندون : ١٩١	أيزابيل كلاسيكية : ١٢٥
كيمي ، أيزابيل : ٥٧	كاسيمر ، نظير : ١٢٦ ، ٢٢٥	أيزابيل : ١٨ ، ٥٧
كيمي كبريتوسايسكية : ١٩٦ ، ٢٠٠	كاسيمر ، تجريبي : ١٢٨	أيزابيل حيدة : ٢٤
كيمي ، مجالات : ٢٠٢	كاسيمر ، هندريك : ١٢٥	أيزابيل ، فروغ : ٢٣
كيمي ، نظرية مجالات : ١٨ ، ١٩٢ ، ١٩٤ ، ٢٠٢	كافوزا ، ثيودور : ٢٠٤	أيزابيلي ، عالم : ٢٢ ، ١٦١ ، ١٨٢ ، ١٠٧
كيمي ، موجة : ١٨١ ، ١٨٦	كالكسوزا - كلارين ، نظرية : ٢٠٥ ، ٢٠٨	أيزابيلي ، كون : ١٥١ ، ٢١١ ، ٢٤٦
كيمي ، ميكانيكا : ١٧١ ، ١٩٣	كاسبرج ، جامعة : ٢٢٤	أيزابيلي ، عمليات : ١٠٠ ، ١٠٨ ، ٢٢٥ ، ٢٢٦ ، ٢٣٦
كيمي ، نظرية : ١٨ ، ١٨٤ ، ١٩٤	كاسبريت : ٢٣٥	أيزابيلي ، كيمياد : ١٧١
كيمي ، قوة تجاذب : ٢٣٤	كاسون : ٢٢٥ ، ٢٣٩	أيزابيلي ، غلاديس : ٢٤
كيمي ، نظار : ١٩٠	كاسون ، كيمياد : ٢٣٩	أيزابيلي ، نظم : ١١٠ ، ٢٤٤
كيمي ، شعلة : ٤٢ ، ١٦١	كاستال ، مارلين : ٥٠	
كيمي ، طلبة : ٤٢	كروز ، جيمس : ١٣٦	
كيمي ، قوى : ١٦٨	كريك ، فرانسيس : ٢٢٤	
كيميوسميعة ، قوة : ١٩٧	كلاسيكية ، أيزابيل : ١٧٠	
كيميوسماتيسي : ٢٧ ، ٢٨ ، ١٧٠ ، ١٩٤	كلارين ، فوسكار : ٢٠٥	
كيميوسماتيسية ، اجتماعات : ١٧٠ ، ١٢٤ ، ١٧٠	كلبي ، كسوف : ٧٨	
كيميوسماتيسية ، قوة : ١٩١ ، ٢٠٥ ، ٢٠١ ، ٢٠٥	كلر ، يان : ٢١٥ ، ٢٢٢ ، ٢٢٧	
كيميوسماتيسية ، موجات : ١٩٧ ، ١٩٤ ، ١٩٧	كم ، جاذبية : ٢٠٤	
كيميوسماتيسية : ٣٧	كم ، صليب : ١٩٠	
كواركات : ١٩٧ ، ٧٧ ، ٢١٠ ، ٢١٩	كم أيزابيل : ١٩ ، ٢٠٨	
	كم ، قواعد : ١٨٠	
	كم ، ميكانيكا : ٢٩ ، ٣٠ ، ٣٤ ، ٣٥ ، ١٢٠ ، ١٧٥	
	١٩٨ ، ١٩٣ ، ١٩٢	
	كم ونسبية ليرة : ٢٢٦	
	كسي ، شكل : ١٩٢	

- كورن منسارك : ٢٤٧
 كورن منسعد : ٩٢ ، ١٠٠ ، ١٠٢ ، ١٢٣ ، ١٣٠
 كورن منقاري منقاري : ٩٤
 كورن مرغى : ١٠٣
 كورن معنوس : ٢٠٦
 كورن معك : ٩٥
 كورن معند ، نورنج ، يندول : ١٠٥
 كورن وائلى : ١٠٣
 كورن : ٩٩ ، ١٠٦ ، ١٠٨ ، ١٠٩ ، ١١٣ ، ١١٥ ، ١١٦ ، ١٤٢
 كورن ، اصل : ١٢٩
 كورن ، الحناء : ١٠٥
 كورن يورود : ١١٤
 كورن ، نوازين ارموديلاميكى : ١١٣
 كورن ، حافة : ١٠٣ ، ١٠٧
 كورن ، خلقى : ١١٦
 كورن ، مادة : ١٠٧ ، ١٣٧
 كورن ، مراحل ميكرد : ١٣٥
 كورن ، مركز اوى حافة : ١٠٧
 كورن مخلوط : ١٠٥
 كورن نلما : ٩٩ ، ١٢٨ ، ١٥٦
 كورن ، نورنج : ٢٣
 كورنى ، مستوى : ٦٩ ، ٢٤
 كورنى ، معسار : ٢٢٩
 كورنى ، ندى لاسكى : ٢٤٤
 كورنى ، لمد : ١٠١
 كورليات ، علم : ٩١ ، ٩٩ ، ١٠٠ ، ١٢٨
 كورلية ، ايسك : ٢٠٦
 كورلية ، حرارة : ١٤٨
 كورلية ، سدة : ١٨ ، ٢١ ، ١٥٠
 كورليه ، تيسك : ١٩٣ ، ٢٠٩
 ٢١٧
 كورليه ، خلفيه اسماعليه : ١١٣
 كورليه ، حدة : ١١٤
 كورليه ، صمالة : ١١٢
 كورليوين : ٩٩ ، ١٠٧ ، ١٠٨
 كورليكات : ١٢٩
 كورليه يندول ، فكرة : ٢٢٩
 كورليه غريبه ، مفهوم : ١٤٠
 كورليسى ، نلسط : ٢٢٨
 كورليانيه ، نلاصاكت : ٢٢٩
 كورليانيه ، عمليات : ٢٢٤
 كورليانيه ، مخلوطات : ٤٦
 ل
 لا پلاس بينر ٣٣ - ٢٤ ، ٢١٤
 لاسكى ، اتصال : ٢٤٤
 ٢٤٥
 لاسكى ، نلوسكوب : ٢٤٢
 لاسك : ٢٥
 لاسكى ، خواء : ٩٢ ، ٢١٣
 لاسوب ، نظريه : ٢٦
 لاسينز ، جوفلورود : ٦٥
 لاسر كورلى : ١٢٤
 لاسر : ٢٠٢
 لاسن : ٨٧
 لاولوك ، جيم : ٢٢٣
 لاوركوشون ، فيلسوف : ١٤٨
 لاولر ، بريستال : ٢٤٢
 لاسر ، وينكره : ١٣٩
 لاسر ، اكسمة : ١٧٨
 لاسر : ١٢٧
 لاسكرويس : ٦٠
 لاسر ، انيراست : ٦٦
 لاسر ، ميدا : ٨٤ ، ٨٦ ، ٨٧ ، ١٥١
 لاسر ، اصل : ١٣٠
 لاسر ، لوليد : ١٢٢
 لاسر ، نجرش : ٢٦
 لاسر ، لوزيع : ١١٤
 لاسر ، لوك : ١٢٤
 لاسر ، جسيمات : ١٤٣ ، ٢٠٢
 لاسر ، جوهش : ١٩
 لاسر ، خلصه : ١٩٧
 لاسر ، خواص : ٢٧
 لاسر ، سطويه سطوح : ١٦
 لاسر ، صودام : ١٥٢ ، ٢٠٤
 لاسر ، صماء : ١٩
 لاسر ، مركبة : ١٥٢
 لاسر ، مطبوعه : ١٣٢ ، ١٣٤ ، ١٣٥ ، ١٣٦ ، ١٣٨ ، ١٣٩
 لاسر ، مطبوعه نوايه : ١٠٦
 لاسر ، وچورود : ١٠٥
 لاسر ، ١٦ ، ١٢ ، ٩٩ ، ١٠٦ ، ١١٥ ، ١٢٤ ، ١٣٤ ، ١٣٥ ، ١٣٩ ، ١٤٠ ، ١٤٢ ، ١٤٤ ، ١٤٨
 لاسر ، ١٨ ، ٢٠
 لاسر ، لروه : ١٩
 لاسر ، مطبوع : ١٦
 لاسر ، ٤ ، مركبة فضائيه : ٢٦
 لاسر ، جامعه : ١٦١
 لاسر ، مولد : ١٨
 لاسر ، مكسويل : ٢٧
 لاسر ، مكسويل ، معادلات : ٢٠٤
 لاسر ، جامعه : ١٧٠
 لاسر ، ميراث : ١٠٢
 لاسر ، لكون : ٢٢٧
 لاسر ، خطوط : ٨٢
 لاسر ، عوالم : ١٨٢

مجال لجانتي : ١٣٠	مستوى كمي : ١٩٠	متفرقة . موجات : ٩٤
مجال كمي ، نظرية : ٢٤	مستوى ، سطح : ٢٢٨	متفرقة ، موجات غيرولوجية :
مجال كهربائي : ١٢٩	معلقة موجية : ١٨٠	٨٤
مجلية ، طاقة : ١٤٦	مصحن : ٧٧	متفرقة ، موجات لاجية : ٥٦
مجات ، تفاعل : ١٠٦	مجلات : ١٢٨	متفرقة ، موجات : ٥٠ ، ٥٢ ،
مجات حلزونية : ١٠٦	معلومات ليرة ، تنولوجيا :	٥٦ ، ٥٤ ، ٥٢
مجات ، عدد : ١٠٥	١٩	موت ، مفهوم : ١٠٩
مجات ، قضاء : ١٠٥	معلوماتية ، طاقة : ٢٠	موجات غيرومفنتيسية : ١٢٦
مجات مائية : ١٠٢	معلوماتية : ١٩	موجات مائية : ١٧٤
مجرة : ٩٢ ، ٩٢ ، ٩٩ ، ١٠١	معدد ماسبيوس للكتولوجيا	موجات : ١٨ ، ٤٧ ، ٤٨ ،
١٠٢ ، ١٠٢ ، ١٠٢ ، ١٠٤	١٤٦ :	٥٠ ، ٥٦
١٠٤ ، ١٠٦ ، ١٠٧ ، ١٤٥	مفاهيم ، قطب شمالي	موجة ، طول : ٤٧ ، ٤٨
٢٢٧	وجولوي : ٢٠١	موزاي - ميكسوس ، تجربة :
مجات لشرك في الفضاء :	مفاهيمي ، مجال : ١٥٥	٧٧
١٠٢ ، ١٠٤	ممارقات الفيلسات الكمية :	موزاي ، ادوار : ٦٧
مجات ، كوكبة عن : ١٠٠	١٨٩	موريسون ، فيليب : ٢٤٢
مجرة ، تاريخ لونية : ١٤٢	مشاركة الفيلس : ١٧٩	موريسون : ٢٤٤
مجرة ، لحي : ١٢٦	مطرفة لونية : ١١٢ ، ١١٤ ،	موس ، ايان : ١٦٤
مجرة ، مركز : ٦١ ، ٦٤	١٢٢	مولد كهربائي : ١٦٢
مصفات الفضاء الامريكية :	مطرفة ، مفهوم : ٩٤	موزون ك : ١٢٦
١٢٩	مطرفة : ٩٥ ، ٩٦ ، ١٠٧ ،	ميشيل ، جون : ٢١٤
مصفات : ٢١٩ ، ٢٢٢	مطرفة : ٢٢٢	ميكانيكا الكم ، قواعد : ١٢٣
مصفات : ٧٨	مطرفة : ٢٢٢	ميكانيكا الكم ، نظرية : ١٨٣
مصفات : ٢٧	مطرفة : ٢٢٢	ميكانيكا ، كتاب : ٦٦
مصفات حية : ١٧	مطرفة : ٢٢٢	ميكروسكوب الكترول : ١٧٢
مدر ، قوى : ٧٨	مطرفة : ٢٢٢	ميكسوس ، البيرت : ٦٧
مصفات : ٢٧	مطرفة : ٢٢٢	ميلي ، عطلي : ٢٢٤
ممنب : ١٢٩ ، ٢٤٠	مطرفة : ٢٢٢	ن
مدينة الاقلمة لعمدة : ٢٠	مطرفة : ٢٢٢	ميكسوس : ٧٧
مركز اوزون للابحاث النووية :	مطرفة : ٢٢٢	ميكسوس لاجية : ١٦٢
١٥	مطرفة : ٢٢٢	ميكسوس ، بشار : ٢٢٩
مربح ، سطح : ٦١ ، ٢٢٨ ،	مطرفة : ٢٢٢	ميكسوس ، لاجية : ٩٥
٢٤٢	مطرفة : ٢٢٢	ميكسوس ، زاني : ٢١٧
مربح ، لقوات : ٢٦	مطرفة : ٢٢٢	
ممتركات عطلي : ٢١٧ ،	مطرفة : ٢٢٢	
٢١٨	مطرفة : ٢٢٢	
مستوى دون مرئي : ١٢٤	مطرفة : ٢٢٢	
مستوى لري : ١٢٤ ، ١٤٠	مطرفة : ٢٢٢	
١٨٩	مطرفة : ٢٢٢	
٢٦٠	مطرفة : ٢٢٢	

نوع تاپش : ٦٦٤	نقطة الترميز : ١٥٦	نيون قانون الترتيب العكسي :
نجم نيوتروني فلامسدي ١	نقطة كوري : ١٥٨	AS
٦٦٢	تفاعلات مشكلة : ٢٠٤	نيوتن ، قوانين الحركة
نجم نيوتروني : ٢١٦	نقطة عكس : ٦٢	النسبية : ١٦ ، ١٧ ، ٢٢ ، ٢٥
نجم : ١١٤	تواتر : ٧٧ ، ١٢٨ ، ١٦٨ ، ١٨١	نيوتن ، نظرية الجاذبية : ١٨
نجم فلكي ، نظام : ١٦٢	توبل ، جاذبية : ١٢٤	نيوتروني ، مفهوم : ٢١
نومس ، مثل : ١١٦	نوي ، بعد : ٢١٤	نيوتروني = لا بلاستيكية : صورة
نجمي ، فرسخ : ١٠١	نوي ، تفاعل : ٢١٢	٤٢ : ١
نجوم ، انسياد : ٢١٩	نوي ، نظام : ٢٤٦	نيوتروني = لا بلاستيكية : نظرية : ٢٨
نجوم سوداء : ٢١٦	نوي ، وفقد : ١١٢ ، ١١٥	نيوتروني ، مساحة متشعبة : ٢١١
مجموع عناصر : ١٢٤ ، ١٢٨	نوية شديدة ، قوة : ١٦٤	نيوتروني ، صورة : ٢١
نجوم ، مواضع : ٢٨	نوية ، خصائص : ٢٠١ ، ٢١٢	نيوتروني ، فيزياء : ٦٤
نجوم نجمية : ١٢٩	نوية ، قوة : ١٦٨	نيوترونات ، جسيمات : ١٦٥
نجوم : ١٠١ ، ١١٢ ، ١١٦ ، ١١٩	نوية قوية ، قوى : ١٦٨	●
نجوم ، مواد لها بين : ٩٩	نياركة : ١٢٩	هابل ، ثابت : ١٠١
نسبية ، حركة : ٦٥	نيزك بوري : ١٨٢	هابل ، قانون : ١٠١ ، ١٠٦ ، ١١٧
نسبية خاصة ، نظرية : ٦٨	نيوارياوات : ٢٤٧	هابل ، انيون : ٩٩ ، ١٠١
نسبية خاصة : ٨٨ ، ٩٢	نيوترون : ١٦٩ ، ١٧٠ ، ١٧١	هابل ، سبيل : ١٦٥ ، ٢١١
٢٢٤	نيوترونات ، حركة : ١١٢	هابل ، انيون : ٩٩ ، ١٠١
نسبية عامة ، نظرية : ٨٠ ، ٨٢	نيوتروني ، نجم : ٢١٥ ، ٢١٦	هابل ، سبيل : ١٦٥ ، ٢١١
٨٢	نيوتروني ، موجات : ١٧٥	هابل ، انيون : ٩٩ ، ١٠١
نسبية عامة : ٦٦ ، ٨٤	نيوترونات ، جسيم : ١٤٢	هابل ، انيون : ٩٩ ، ١٠١
٨٧ ، ٩٠ ، ٩٢ ، ١٠٠	نيون ، المساحة الكونية : ١٨٤	هابل ، انيون : ٩٩ ، ١٠١
١٠٢ ، ١٠٤ ، ١٠٥ ، ١١٦ ، ١٢٢	نيون ، قوانين : ٦١ ، ٦٦ ، ١٥٠	هابل ، انيون : ٩٩ ، ١٠١
٢٠٤ ، ٢١٦	نيون ، نظرية : ٨٢	هابل ، انيون : ٩٩ ، ١٠١
نسبية ، مبدأ : ٦١	نيون ، نظرية : ٨٢	هابل ، انيون : ٩٩ ، ١٠١
نسبية ، نظرية : ١٨ ، ٢٧	نيون ، استحقاق : ١٦ ، ٢٧	هابل ، انيون : ٩٩ ، ١٠١
٢٨ ، ٤٨ ، ٦٨ ، ١١٦ ، ١٤٥	٤٦ ، ٦٠ ، ٦٢ ، ٦٥ ، ٩٦	هابل ، انيون : ٩٩ ، ١٠١
١٤٥	نيون ، المساحة المتشعبة	هابل ، انيون : ٩٩ ، ١٠١
نسبية ، انكسار : ١٥٠	نيوترونات ، انكسار : ١٢٤	هابل ، انيون : ٩٩ ، ١٠١
نسبية ، وجهة نظر : ٢٤	نيون ، النموذج الكهيميكي : ١٨	هابل ، انيون : ٩٩ ، ١٠١
نسبية : ١١٦ ، ١٤٥	نيون ، فكرة الفراغ والزمن : ٨٧	هابل ، انيون : ٩٩ ، ١٠١
نجوم ، انكسار : ٢٥	نيون ، فكرة : ١٨	هابل ، انيون : ٩٩ ، ١٠١
نظام فلكي : ٢١٨	٨٧	هابل ، انيون : ٩٩ ، ١٠١
نظام : ١٠٩	نيون ، فكرة : ١٨	هابل ، انيون : ٩٩ ، ١٠١
نظرية ، كسب : ١٢٤ ، ١٣١	٨٧	هابل ، انيون : ٩٩ ، ١٠١
١٤١	٨٧	هابل ، انيون : ٩٩ ، ١٠١
نظري ، تأثير : ١٩٨	٨٧	هابل ، انيون : ٩٩ ، ١٠١

هيدروجين ، اتر : ١٠٥	هيدوية ، كمية : ١٨٢	وزن مائي : ٢٢٦
هيدروجين ، لافوس : ١٢٨	هيدوية ، نظم : ٢٧ ، ٢٨ ،	وسطية : ٢٢٦
هيدروجين ، واود : ١١٢	٤٠ ، ٤٢	دفع ابتدائي : ٤٠
هيدروكس : ١٥	هيدوية ، نظرية : ١٩	ويبر ، جوزيف : ١٦١
هيكل شيكن للهاورة : ١٧٢	هيدوية : ٣٥ ، ٤٠	ويل ، هيرمان : ١١٧
هيكل شيكن : ١٧٢		ويلز ، هـ - ج : ٩٢

و

هيدروجين : ١١٢ ، ١١٥	واطسن - جيس : ٢٢٤	وي
هيدروني ، نظام : ٣٦ ، ٤١	واقص ، عالم : ٩٦ ، ٩٩	يواري ، هارولد : ٢٢٤
هيدروني : ٢٢	ويالتي ، موجات : ٢٥١	يواري - ديلر ، تجربة : ٢٢٨
هيدوية تعددية : ٤٢	وتر كوني : ١٤٥	يودانيوم : ٢٠ ، ١٧٢
هيدوية ، حركة : ٢٧	وزن القسط : ٢٢٦ ، ٢٢٧	يوليوس ، توماس : ١٧٤
هيدوية ، ارامدة : ٤٢	٢٢٨	
هيدوية ، طبيعة : ١٧٧		
هيدوية ، عمليات : ٤٠		

جابريل باير
تاريخ طبعة الانكليزية في مصر
الطبعة

الطبعة دوم كرميوس وكينيث جوارج
اعلام الطبعة المتعددة
للمطبعة

مواهب موزون
كتابة التورانيين المتعددة
والطبعة في مصر
الذين وقاموا به من جزء من
الكتابين جزء من الكتابين وكتاب
مواهب المتكلمين

مجلس ابراهيم القريشاني
لجنة الكتابين المتكلمين

كتاب ربي
الطبعة المتعددة والمتكلمين
الكتابين

جوزيف داميرس
مجلس المتكلمين في مصر
الكتابين

م. ج. بوز
الطبعة المتعددة

د. حليم محمد بوز
في كل الطبعة في مصر
الطبعة

روث د. ميسون ولورمان
الكتابين

الطبعة والمتكلمين
الكتابين

د. كور عبد الله
الطبعة المتكلمين والمتكلمين

وليد وليام بوز
حوالي حيل الطبعة المتكلمين

ف. م. جوس
الطبعة المتكلمين

جون ابراهيم بوز
الطبعة والمتكلمين المتكلمين
من الطبعة المتكلمين في مصر
محمد باي

ابن كاسيان
الطبعة المتكلمين

سليمان عبد الله
الطبعة المتكلمين في مصر
بين المتكلمين والمتكلمين

ف. م. جوس
الطبعة المتكلمين والمتكلمين

مجلس حليم الجوس
عبد الله (بين المتكلمين
والمتكلمين) المتكلمين والمتكلمين
د. ج.

دور ورومانوس
التورانيين والتورانيين في
الطبعة

عبد كاسيان
مجلس المتكلمين - كتابه في
مواهب المتكلمين

ف. م. جوس
الطبعة المتكلمين في مصر
د. ميسون بوز

التورانيين في الطبعة المتكلمين

بوز ابراهيم
الطبعة المتكلمين في مصر

بوز ابراهيم
والطبعة المتكلمين في مصر
الكتابين

بوز ابراهيم
الطبعة المتكلمين في مصر

بوز ابراهيم
الطبعة المتكلمين في مصر

احمد محمد الشتراني
كتاب كيرت الشتراني المتكلمين

جون - ر. بوز ومجلس المتكلمين
الطبعة والمتكلمين في مصر

ابراهيم بوز
كتاب الشتراني في مصر

د. ميسون بوز
كتاب الشتراني في مصر
الكتابين

د. ميسون بوز
الطبعة المتكلمين في مصر

جوزيف جابرييل
الطبعة المتكلمين

د. ميسون بوز
الطبعة والمتكلمين في مصر
الطبعة المتكلمين في مصر
كتاب الشتراني المتكلمين

بوز ابراهيم
كتاب الشتراني المتكلمين

ابراهيم بوز
الطبعة المتكلمين في مصر

بوز ابراهيم
الطبعة المتكلمين في مصر

ابراهيم بوز
الطبعة المتكلمين في مصر
الطبعة المتكلمين في مصر
الكتابين

ج. كيريل
الطبعة المتكلمين والمتكلمين

د. كيريل
الطبعة المتكلمين في مصر
الطبعة المتكلمين

لجنة المتكلمين
الطبعة المتكلمين في مصر
الطبعة المتكلمين في مصر
الطبعة المتكلمين في مصر

الطبعة المتكلمين في مصر

لجنة المتكلمين
الطبعة المتكلمين في مصر

بوز ابراهيم
الطبعة المتكلمين في مصر

بوز ابراهيم
الطبعة المتكلمين في مصر

بوز ابراهيم
الطبعة المتكلمين في مصر

بوز ابراهيم
الطبعة المتكلمين في مصر

محمد كيريل
الطبعة والمتكلمين في مصر

ابراهيم بوز
الطبعة المتكلمين في مصر

بوز ابراهيم
الطبعة المتكلمين في مصر

ج. كيريل
الطبعة المتكلمين في مصر
الطبعة المتكلمين

محمد كيريل
الطبعة المتكلمين في مصر

بوز ابراهيم
الطبعة المتكلمين في مصر

بوز ابراهيم
الطبعة المتكلمين في مصر

بوز ابراهيم
الطبعة المتكلمين في مصر

بوز ابراهيم
الطبعة المتكلمين في مصر

بوز ابراهيم
الطبعة المتكلمين في مصر

بوز ابراهيم
الطبعة المتكلمين في مصر

بوز ابراهيم
الطبعة المتكلمين في مصر

بوز ابراهيم
الطبعة المتكلمين في مصر

بوز ابراهيم
الطبعة المتكلمين في مصر

كبريا في حركه الفنيه

جوزيف دانوس
سبع مذكرات فنيه في التسعين
القرن

١- ليوپولد تشاينين ريت
مجاهدة الفنون الفنيه
الامريكية ١٩٠٧ مصر
٢- جون شستدر
كيف كتيبي ٣٩٥ يوم في
الفن

٣- روز فريز
السمكة

٤- جيرول وفيرا
نكر الكوميديا الفنيه عالمي
في الفن الفرنسي

٥- ريمون مرس
الكتب الروس قبل طيرة
الفنيه وبعدها

٦- صند نسان جال
حركة عدم الانتماء في عالم
الفن

٧- فرانكلين د. بارمر
الفنن الكورني الجديد ١

٨- شوكند الفريسي
الان كاشفاني الفانس في
فنون الفنون

٩- ميس كينين اميد حسن
الفنيه (اسيرة والفناء للفنن)

١٠- دانيال اندر
الفنون العالم كالمري

١١- جوزيف كراير
مذكرات من الفنن الفنيه

١٢- جرجان ديوفش
الفنيه في كتيبي كيف كاشف
واين كويد

١٣- خلفه من كاشف الاسويين
مجاهدة الفناء الفنيه الفوني

١٤- صوب كاشف
مجاهدة الفناء الفوني

١٥- السج حذيرة
مجاهدة الفناء الفوني

١٦- ميسلي حشاش
الفنون كاشف

١٧- مجاهدة من كاشف الفنون الفناء
والفنون

١٨- مذكرات من الفنن الفوني
١٩- كاشف - كاشف - كاشف -

٢٠- كاشف الفنيه

٢١- جيل شوك وفينيت
الفنون الفنيه الفوني

٢٢- صند الفوني
فن كاشف

٢٣- رالف شي ماني
الفنون الفوني

٢٤- ليوپولد ديوفش
مذكرات

٢٥- ليوپولد ديوفش
مذكرات

٢٦- ليوپولد ديوفش
مذكرات

٢٧- ليوپولد ديوفش
مذكرات

٢٨- ليوپولد ديوفش
مذكرات

٢٩- ليوپولد ديوفش
مذكرات

٣٠- ليوپولد ديوفش
مذكرات

٣١- ليوپولد ديوفش
مذكرات

٣٢- ليوپولد ديوفش
مذكرات

٣٣- ليوپولد ديوفش
مذكرات

٣٤- ليوپولد ديوفش
مذكرات

٣٥- ليوپولد ديوفش
مذكرات

٣٦- ليوپولد ديوفش
مذكرات

٣٧- ليوپولد ديوفش
مذكرات

٣٨- ليوپولد ديوفش
مذكرات

٣٩- ليوپولد ديوفش
مذكرات

٤٠- ليوپولد ديوفش
مذكرات

٤١- ليوپولد ديوفش
مذكرات

٤٢- ليوپولد ديوفش
مذكرات

٤٣- ليوپولد ديوفش
مذكرات

٤٤- ليوپولد ديوفش
مذكرات

٤٥- ليوپولد ديوفش
مذكرات

٤٦- ليوپولد ديوفش
مذكرات

٤٧- ليوپولد ديوفش
مذكرات

٤٨- ليوپولد ديوفش
مذكرات

٤٩- ليوپولد ديوفش
مذكرات

٥٠- ليوپولد ديوفش
مذكرات

٥١- ليوپولد ديوفش
مذكرات

٥٢- ليوپولد ديوفش
مذكرات

٥٣- ليوپولد ديوفش
مذكرات

٥٤- ليوپولد ديوفش
مذكرات

٥٥- ليوپولد ديوفش
مذكرات

٥٦- ليوپولد ديوفش
مذكرات

٥٧- ليوپولد ديوفش
مذكرات

٥٨- ليوپولد ديوفش
مذكرات

٥٩- ليوپولد ديوفش
مذكرات

٦٠- ليوپولد ديوفش
مذكرات

٦١- ليوپولد ديوفش
مذكرات

٦٢- ليوپولد ديوفش
مذكرات

٦٣- ليوپولد ديوفش
مذكرات

٦٤- ليوپولد ديوفش
مذكرات

٦٥- ليوپولد ديوفش
مذكرات

٦٦- ليوپولد ديوفش
مذكرات

٦٧- ليوپولد ديوفش
مذكرات

٦٨- ليوپولد ديوفش
مذكرات

المسجد، عصر القرون الوسطى
المسجد، عصر القرون الوسطى

مصور عظمي
أولاد و الأجداد الكبار
والأولاد الكبار

المعهد
العلمي

ليورو ايهالسي
يوجل تاريخ القاب القابيل

499
 500

See photo
August 1, 1998, page 1

المشروع

پروفیسر غلام غفرار

والصناعات المماثلة.

روایت چاکسوں
کتابخانہ فی شعبہ الکتابان

المجلة العلمية
البيئية

جرج كاشملي
1990 كاشملي السويدي ٩٠

عصام القذافي
القذافي يروي

2000 年 12 月
 2001 年 1 月

وہابیہ و سنیہ
مذہب کی بنیاد پر

சிறு குழந்தைகளுக்கு
உணவு கொடுப்பது

پیش رو

موریت: وفاداری و شجاعت
 شعار: شجاعت و وفاداری

Figure 6

الرجاء تقديم الطلبات إلى:

10

جان پیرک سٹواری وٹھوری

وزارتہ وچہاد وچہاد وچہاد

دینکورتاس، عابد

میرزا محمد علی قزوینی

١٠٠

المؤلفون

على عهد الخليفة العباسي

١٠٠٠

بسم الله الرحمن الرحيم
الحمد لله رب العالمين

١٠٠ من مائة
والصحة والسلامة والراحة

من: فواره
المسكن: الم. فواره

وہابیہ

المدير العام
الجامعة الإسلامية

د. محمد باقر محمدی

ملفوظات مولانا مرتضیٰ علی شریعتی

مسقطی معمره دلیجان

1999

عبد القادر

Copyright

المحاضرات المسجلة

الفرق هو اني
 ربي المصطفى المصطفى

مجلس الشورى
البحرين

مطابع الهيئة المصرية العامة للكتاب

رقم الايداع بدار الكتب ١٩٩٨/٧٦٦١

ISBN — 977 — 01 — 5000 — 6

تهدف الهيئة المصرية العامة للكتاب من مشروع الألف كتاب الثاني إلى مواصلة مسيرة المشروع الأول بتكوين مكتبة متكاملة للقارئ العربي في شتى جوانب المعرفة عن طريق الترجمة والتكليف. وفي هذا الإطار يبدي المشروع اهتماماً كبيراً بالكتب العلمية والمستقبلية. وقد أصدر حتى الآن ٢٩ كتاباً في هذا المجال، من أهمها:

ب. ديفيز، المفهوم الحديث للزمان والمكان

ادوارد غلجيتيانم، الجيل الخامس للحاسوب

اسحق عظيموف، العلم وأفاق المستقبل

بول فيفول، التقليل لثلاث الأخيرة

(نظر القائمة المفصلة للملحقات الكتاب)

وبعرض هذا الكتاب إلى صورة العلم في منظور العلم الحديث الذي باتت معه الحقيقة أقرب من أي خيال، فلم يعد الزمن كما اعتناه ولا المكان كما عهدناه، وتهاوت الحواجز الوهمية بين المتناقضات، وتهاوت معها صورة المادة التقليدية التي لا تقس ولا تستحدث. ويحاول هذا الكتاب أن يخلص الفكر الإنساني من التديهيات والمسلّمات الساذجة ويؤقده على النظر للعلم بعين جديدة حتى يكون مؤهلاً للتعامل مع المستقبل وما يتمخض عنه من مفاجآت.